Metall.
88 t.

R

Metall.
88 1.

Ueber einige wichtige Gegenstände der Eisenhüttenkunde

von

Anton Müller,
Königl. Preuß. Ober-Bergamts-Secretair.

R

****

Halle,
bei Hemmerde und Schwetschke
1822.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Vorrede.

Die Aufsätze, welche ich dem hüttenmännischen Publicum vorzulegen hier den Anfang mache, verdanken ihre Entstehung einer mehrjährigen praktischen Beschäftigung mit dem Eisenhüttenwesen, unter verschiedenen örtlichen Verhältnissen, welche mir mannigfaltige Veranlassung zu Beobachtungen darbot. Sie stehen mit einigen andern Abhandlungen, über die einzelnen Eisenhüttenprozesse, namentlich die Roheisen-Erzeugung, den Verfrischungsprozeß und die Stahlbereitung in Verbindung, welche ich künftig herauszugeben beabsichtigte, vor deren Bearbeitung ich aber ein öffentliches Urtheil über die im vorliegenden Werke enthaltenen Ansichten zu vernehmen wünsche.

Den Gedanken, die Eisenhüttenkunde vollständig, systematisch zu bearbeiten, mußte die Ueberzeugung, daß Karstens Handbuch die Eisenhüttenkundigen noch lange befriedigen wird, unterdrücken, und eine fragmentarische Behandlung dieses Gegenstandes daher am angemessensten erscheinen.

Ueber die einzelnen Aufsätze, welche die folgenden Bogen enthalten, habe ich in Ansehung der ersten nur wenige Worte zu sagen: Bei den meisten

Hüttenprozessen bedient man sich, sowohl zur Erregung einer höhern Temperatur, als in den Fällen, wo Reduction von Metalloxyden beabsichtigt wird, zu Erreichung dieses Zweckes, der Kohle, und zwar in Deutschland hauptsächlich der Holzkohle. Es ist daher wichtig, die Zustände zu kennen, in welche der Kohlenstoff bei den Hüttenprozessen versetzt wird, und in denen er zu Erreichung des angedeuteten doppelten Zweckes wirkt; hiezu glaube ich nun in der ersten Abhandlung einen Beitrag geliefert zu haben, und sie daher der Aufmerksamkeit der Hüttenkundigen, und in sofern sie den Kohlenstoff, also einen Stoff betrifft, welcher in der gesammten Natur eine so wichtige Rolle spielt, auch der Beachtung der Chemiker empfehlen zu dürfen. Die beiden andern Aufsätze stehen mit der theoretischen Eisenhüttenkunde in der genauesten Verbindung, und der in der zweiten behandelte Gegenstand ist gewissermaßen die Grundlage derselben. Eine Untersuchung über den gegenwärtigen Standpunkt der theoretischen Eisenhüttenkunde dürfte daher hier wohl an ihrem Orte stehen.

Wollen wir überhaupt die Resultate wissenschaftlicher Forschungen auf technische Gewerbe anwenden, und aus denselben praktischen Gewinn für die letzteren ziehen, so müssen wir damit den Anfang machen, alle Erscheinungen, welche die Gewerbe darbieten, auf wissenschaftliche Grundsätze zurückzuführen, woraus die Theorie derselben hervorgeht. So lange dies noch auf eine unvollkommene Weise geschieht, und so lange man sich damit begnügt, nur die Hauptmomente der Erscheinungen aufzufassen, so lange wird auch umgekehrt die Anwendung wissenschaftlicher Grundsätze auf die Gewerbe höchst un-

sicher bleiben, und oft an unbeachteten Nebenumständen scheitern. Dessen ungeachtet ist es aber eine nothwendige Folge der Beschränktheit unsers Geistes, daß wir zunächst bei den Hauptmomenten der Erscheinungen stehen bleiben, danach eine Theorie versuchen, und diese demnächst, indem wir tiefer in die Gewerbe eindringen, prüfen, berichtigen und vervollständigen, woraus ein Fortschreiten in unsrer theoretischen Kenntniß der Gewerbe hervorgeht. Ein Fortschreiten dieser Kenntniß folgt aber auch aus den Fortschritten der Wissenschaften, welche die Gründe unsrer theoretischen Kenntnisse enthalten; und wenn wir über den Standpunkt der Theorie eines Gewerbes urtheilen wollen, müssen wir dieselbe in dieser doppelten Hinsicht prüfen. Wir werden nun aus diesen Betrachtungen auch die Ueberzeugung gewinnen, daß die Theorie des Gewerbes niemals stehen bleiben kann, sondern beständig fortschreiten muß; denn wenn auch unsere Kenntniß eines Gewerbes dasselbe möglicher Weise erschöpfen kann, so stehen doch die Wissenschaften nicht still; auf der andern Seite werden aber wissenschaftliche Grundsätze auf technische Gewerbe mit desto größrer Sicherheit angewendet, je genauer unsere Kenntniß von den letztern ist; solche Gewerbe müssen daher am meisten selbst einer fortschreitenden Veränderung unterliegen, welche uns beständig neuen Stoff zu fortgesetzten Untersuchungen darbietet.

Wenden wir nun das Bisherige auf die Theorie der Eisenhüttenkunde besonders an, und versuchen wir zunächst den Standpunkt derselben zu bestimmen, so wie sie von den französischen Chemikern Berthollet, Monge und Vendremonde bald nach dem Emporkommen des antiphlogistischen Systems der Chemie aufge-

stellt wurde, und wie sie mit wenigen (zum Theil nicht einmal glücklichen) Modificationen in die meisten systematischen Werke über die Eisenhüttenkunde übergegangen ist: so müssen wir dieselbe schon um deswillen unvollkommen nennen, weil wir nur geringe Fortschritte an derselben gegen die früher aufgestellten Theorieen bemerken; denn die gedachten Chemiker thaten eigentlich nicht viel mehr, als daß sie die schon von Bergmann und Rinmann aufgestellte Theorie in die Sprache der Antiphlogistiker übersetzten. Gleichwohl scheint man die Untersuchungen über die theoretische Eisenhüttenkunde, oder vielmehr über die ihr zur Grundlage dienenden Ansichten der Verschiedenheit des Eisens in seinen Hauptzuständen, als Roheisen, Stahl und geschmeidiges Eisen, schon lange als geschlossen betrachtet zu haben, und erst Herr Geh. Oberbergrath Karsten zeigte die Mängel der bisherigen Ansichten und entwickelte zugleich eine Theorie, welche eben so sehr von vertrauter Bekanntschaft mit der Chemie und ihren Fortschritte, als mit dem technischen Eisenhüttenwesen zeugt, und dadurch einen wesentlichen Vorzug vor allen frühern Theorieen behauptet. Haben wir aber ein hartes Urtheil über diese frühern Theorieen ausgesprochen, so erfordert es die Gerechtigkeit, auch die Schwierigkeiten zu erwähnen, welche mit der Aufstellung einer solchen Theorie verbunden sind. Wer die Lage des praktischen Hüttenmannes kennt, wer es weiß, welche kurze Zeit demselben zu seiner wissenschaftlichen Bildung in der Regel vergönnt ist, und wie wenig ihm der Umfang seiner Berufsgeschäfte, sobald er in das praktische Geschäftsleben getreten ist, gestattet, seine wissenschaftlichen Studien fortzusetzen, wird eingestehen, daß von ihm die

Aufstellung einer genügenden Theorie seines Faches nicht leicht erwartet werden könne. Aber auch selbst die praktischen Kenntnisse vieler Hüttenkundigen, welche nur unter örtlichen Eigenthümlichkeiten erworben werden konnten, da verhältnißmäßig nur Wenigen die Gelegenheit zu Theil wird, ihre Kenntnisse durch Reisen zu erweitern und zu berichtigen, sind nicht zureichend, die in Rede stehende schwierige Aufgabe zu lösen. Auf der andern Seite hat aber der wissenschaftliche Chemiker eben so selten Gelegenheit und Veranlassung, sich mit dem Eisenhüttenwesen mit allen seinen verwickelten und oft nur sehr einfach erscheinenden Prozessen ganz speciell bekannt zu machen, und gleichwohl ist die Kenntniß dieser Prozesse selbst eben so nothwendig, als eine genaue Bekanntschaft mit der Chemie, um eine genügende Theorie, das heißt, eine solche aufzustellen, welche auf der einen Seite sich bemüht, in das Specielle der Erscheinungen einzudringen und dieselben befriedigend und ungezwungen zu erklären strebt, auf der andern Seite sich aber auch nicht durch örtliche Eigenthümlichkeiten sich beschränken läßt, sondern sich zu allgemeinen Ansichten erhebt, und endlich bei solchen Erscheinungen, welche bei dem jetzigen Zustande unserer Kenntnisse jeder ungezwungnen Erklärung spotten, ihr Unvermögen freimüthig bekennt, und künftige Forschungen auf sie leitet.

Das Unzulängliche der gewöhnlichen Theorie der Eisenhüttenkunde, und insbesondere der frühern Ansichten über die Verschiedenheit des Eisens in seinen Hauptzuständen, ist in den Karstenschen Schriften hinlänglich dargethan, und die Schwierigkeiten, mit welchen die Theorie des letzten Hüttenkundigen zu käm-

pfen scheint, habe ich in der zweiten Abhandlung zu zeigen mich bemüht, bevor ich meine eigenen Ansichten aufstellte.

Uebrigens bedarf es wohl kaum der Erinnerung, daß ich von der Anmaßung fern bin, die von mir entwickelte Theorie für genügend, in dem oben angegebenen Sinne, zu halten; sie kann nur den Werth individueller Ansichten haben, welche auf keine unbedingte Anerkennung, sondern nur auf gründliche und unbefangene Prüfung von Seiten Andrer Ansprüche machen. Nur vereinigtes Streben einzelner Individuen, oder der Kampf entgegengesetzter Meinungen führt der Wahrheit näher; gründlicher Beifall und gründlicher Zweifel muß dem nicht von Eigenliebe Verblendeten gleich willkommen, und belehrender Tadel schätzbarer sein, als unverdientes Lob.

Halle, im April 1822.

Müller.

I.

Ueber die Oxyde des Kohlenstoffs und ihre Wirkung bei Reductionsprozessen.

1.

Wir können die Verbindungen, in denen der Kohlenstoff bei Reductionsprozessen, besonders in Schachtöfen und Gebläsefeuern, auftritt, so weit sie bekannt sind, in Verbindungen mit Sauerstoff und Wasserstoff unterscheiden. Von den letzten kennen wir nur gekohltes Wasserstoffgas und ölbildendes Gas; sie entstehen bei den Hüttenprozessen, theils da diese Gasarten bei der Köhlerei nie ganz vollständig ausgeschieden werden, theils durch die Einwirkung der Kohlen auf das in den Schmelzmaterialien enthaltene Wasser, besonders das chemisch mit ihnen verbundene, da die blos hygroskopische Feuchtigkeit größtentheils früher verdampft, als eine chemische Einwirkung der Kohlen auf sie Statt finden kann. An Verbindungen des Kohlenstoffs mit Sauerstoff kennen wir, (außer der eigentlichen Kohle [Holzkohle, Koaks], in welcher, abgesehen von den übrigen Bestandtheilen, der Kohlenstoff höchst wahrscheinlich auch schon mit etwas Sauerstoff verbunden ist,) das Kohlenoxydgas und kohlensaure Gas. Das letztere ist indeß in den Reductionsprozessen

nicht mehr wirksam, da der Kohlenstoff bereits mit der größten Menge Sauerstoff verbunden ist. Schon eine flüchtige Betrachtung der Reductionsprozesse in Schachtöfen berechtigt zu dem Schlusse, daß das Verhältniß, in welchem sich diese Gasarten bilden, in welchem sie bei den Reductionsprozessen consumirt, oder in andere umgewandelt werden, und in welchem sie aus der Gichtöffnung entweichen, nach den verschiedenen Umständen, welche auf den Verlauf der Prozesse Einfluß haben, ebenfalls sehr verschieden sein müssen, und mehrere Erscheinungen, auf welchen der praktische Hüttenmann zum Theil, als Kennzeichen zur Beurtheilung des Schmelzganges großen Werth legt, und zu denen besonders die Farbe der Gichtflamme gehört, bestätigen diesen Schluß vollkommen. Es läßt sich hieraus vermuthen, daß eine chemische Untersuchung des aus der Gichtöffnung entweichenden Gemisches von Gasarten, welche indeß oft angestellt, und unter verschiedenen Umständen wiederholt werden müßten, wesentlich zur Aufklärung der Hüttenprozesse beitragen würde *). Nur durch die Vergleichung sorgfältig angestellter Analysen, nicht blos der rohen Schmelz- und Brennmaterialien, mit den Producten und Abfällen, sondern auch der Gebläseluft und der aus der Gichtöffnung entweichenden Gasgemische, würden wir zur vollständigen Beurtheilung der Schmelzprozesse gelangen. Diese Untersuchungen würden uns aber nicht blos durch das Licht belehren,

*) Auch über die Veränderungen, welche die flüchtigen Bestandtheile der Schmelzmaterialien erleiden, würden uns solche Untersuchungen belehren.

welches sie über die Schmelzprozesse verbreiten würden, sondern auch direct zur Erweiterung unserer Kenntnisse beitragen, indem sie uns ohne Zweifel mit noch nicht beachteten Verbindungen des Kohlenstoffs bekannt machen würden.

2.

Es sei mir erlaubt, die Aufmerksamkeit meiner Leser hier auf eine Substanz zu lenken, welche sich bei den Eisenschmelzprozessen (ohne Zweifel aus der Kohle) bildet, auf welche auch schon andre Naturforscher, wiewohl auf andern Wegen, und ohne in ihrer Meinung über die Natur derselben mit meinen Vermuthungen übereinzustimmen, aufmerksam geworden zu sein scheinen, und welche nach den Nachrichten dieser Naturforscher so merkwürdige Eigenschaften besitzt, daß sie auch in dieser Hinsicht zu weitern Forschungen einladet.

Ich werde daher zunächst die hüttenmännischen Erscheinungen mittheilen, welche nach meinem Dafürhalten die Entstehung dieser Substanz auf die angezeigte Weise beweisen, und sodann zu den Eigenschaften übergehen, welche andre Naturforscher, wahrscheinlich an derselben Substanz, aufgefunden haben.

3.

Bei dem sogenannten Gaargange der Eisenschmelzöfen, wo alle Erscheinungen auf Ueberfluß an Kohle deuten, wo namentlich das Roheisen eine bedeutende Menge Kohlenstoff aufnimmt, die sich unter begünstigenden Umständen als Graphit ausscheidet, wo ferner die eigenthümliche Farbe der Schlacke die Aufnahme von Kohlenstoff anzeigt, und wo

endlich die bläulich röthliche Farbe der Gichtflamme brennenden Kohlenstoff verräth, bei einem solchen Gange des Ofens legt sich an den Wänden der Gichtöffnung über dem Vorheerde und selbst im Arbeitsgewölbe ein weißer Anflug an, welcher die oben erwähnte Substanz ist.

4.

Man könnte zwar einwenden, daß die gedachte weiße Substanz aus flüchtigen Bestandtheilen der Eisensteine entstehen mögte; indeß abgesehen davon, daß solche Stoffe, welche sich bei den Eisensteinen erwarten lassen, sich durch den Geruch verrathen würden, auch, wie bei dem Zink, ganz andre Erscheinungen darbieten, zeigt sich der weiße Anflug um so stärker, je mehr Kohlen vorhanden sind und je weniger Kohlenstoff consumirt wird, und legt sich in der größten Menge an, wenn vor Eröffnung einer neuen Campagne der Schacht des Ofens mit bloßen Kohlen gefüllt ist, bevor die erste Gicht aufgegeben und ehe das Gebläse angelassen ist. Erwägt man diese Umstände, so wird man wohl nicht zweifelhaft bleiben, daß der mehr erwähnte Anflug wirklich der Kohle seine Entstehung verdankt, welche Ansicht auch darin eine Bestätigung findet, daß der Anflug sich auch bei Probirfeuern, bei den Wärmefeuern der Hufschmiede, und selbst bei großen tragbaren Windöfen, wenn kohlenstoffreiche Kohlen angewendet werden, wiewohl in weit geringerer Menge, zeigt.

5.

Nehmen wir nun aber die in Rede stehende Substanz als aus der Kohle entstanden an, und berücksichtigen wir

die Umstände ihrer Entstehung, so können wir wohl nicht umhin, sie für eine eigenthümliche Verbindung des Kohlenstoffs mit Sauerstoff, und zwar in einem geringen Verhältnisse des letztern, als im Kohlenoxydgas, zu halten; ich werde dieselbe daher vorläufig, und bis weitere Erfahrungen uns genauer über sie belehren, auf den Grund dieser Hypothese, um beständige Umschreibungen zu vermeiden, Kohlenstoffoxydul nennen.

6.

Die Eigenschaften des Kohlenstoffoxyduls lassen sich aus den hüttenmännischen Erfahrungen nur sehr unvollständig beurtheilen. Dasselbe erscheint, wie gesagt, als ein weißer Anflug, welcher den Körpern, an welche er sich anlegt, das Ansehen mittheilt, als wenn sie mit Kreide bestrichen wären. In Berührung mit der atmosphärischen Luft wird dasselbe wahrscheinlich auch in niederer Temperatur in Kohlenoxydgas verwandelt, daher verschwindet der Anflug, wenn seine Erzeugung aufhört, bald, und legt sich überhaupt gewöhnlich, und wenn es nicht durch besondere Umstände begünstigt wird, nur dünn an. Leitete man indeß die Dämpfe und Gasarten, welche sich aus Kohlen entwickeln, die unter solchen Umständen brennen, unter denen sich Kohlenstoffoxydul erzeugt, durch Röhren, welche man im kalten Wasser abkühlt, so würde man wahrscheinlich diese Substanz in bedeutender Menge auffangen können. In hohen Temperaturen besteht das Kohlenstoffoxydul nur in Dampfform. Diese Dämpfe sind ohne Zweifel bei weitem dichter, als Kohlenoxydgas in gleicher Temperatur; und da außer-

dem das Kohlenstoffoxydul eine kleinere Menge Sauerstoff, also eine größere Menge Kohlenstoff enthalten muß, als eine absolut gleiche Menge von Kohlenoxydgas: so müssen wir in dem Kohlenstoffoxydul wahrscheinlich das kräftigste Reductionsmittel bei metallurgischen Prozessen erkennen, und sind anzunehmen berechtigt, daß der Kohlenstoff der Brennmaterialien, in sofern er die Reduction der Metalle bewirkt, größtentheils zuvor in Kohlenstoffoxydul verwandelt werde.

7.

Die Umstände, welche zur Entstehung des Kohlenstoffoxyduls besonders günstig sind, lassen sich ebenfalls nicht auf eine ausreichende Weise angeben. Eine sehr hohe Temperatur ist wohl unbedingt nothwendig, diese läßt sich aber nur durch einen heftigen freiwilligen Luftzug, oder durch Gebläse hervorbringen. Es ist ferner zur Erregung eines so hohen Hitzegrades nöthig, daß eine gehörige Menge des Brennmaterials in unmittelbarer Berührung verbrenne. Soll aber durch die Einwirkung des Sauerstoffs der einströmenden Luft auf den Kohlenstoff des Brennmaterials nicht kohlensaures Gas oder Kohlenoxydgas, sondern Kohlenstoffoxydul gebildet werden, so muß ein hinreichender Ueberfluß an Brennmaterial vorhanden sein. Endlich scheint die Anwesenheit des Wasserstoffs die Entstehung des Kohlenstoffoxyduls zu hindern, und dagegen zur Erzeugung von gekohltem Wasserstoffgas und ölbildendem Gas Veranlassung zu geben. Man sieht hieraus, daß Schachtöfen der beste Apparat, und sehr kohlenstoffreiche, aber wasser-

stoffarme Kohle aus harten Laubhölzern das beste Material zur Erzeugung des Kohlenstoffoxyduls sein werden.

Ob auch bei der Anwendung von Koaks sich Kohlenstoffoxydul bildet? darüber fehlt es mir an Erfahrung. Ob sich ferner das Kohlenstoffoxydul auch darstellen lasse, indem man kohlensaures Gas oder Kohlenoxydgas in einer sehr hohen Temperatur über Kohlen streichen läßt, oder ob sich dasselbe aus andern organischen Substanzen, vielleicht gar auf nassem Wege, abscheiden lasse? über diese und andre Fragen müssen künftige Erfahrungen entscheiden.

8.

Wir kommen nun zu den Erfahrungen Andrer über das Kohlenstoffoxydul.

Schon Becher behauptet aus der Holzkohle *eine weiße Substanz* dargestellt zu haben, welche *den Essig in Weingeist verwandelt haben* soll. Setzen wir voraus, daß die Bechersche Substanz Kohlenstoffoxydul gewesen sei, so läßt sich diese Erscheinung sehr gut erklären. Da wir nun das Kohlenstoffoxydul mit der Becherschen Substanz im Aeußern übereinstimmend kennen gelernt haben, so können wir es nicht unwahrscheinlich finden, daß die letztere wirklich Kohlenstoffoxydul gewesen sei.

Auch Winterls Andronia stellt eine pulverige weiße Substanz dar, die derselbe zwar nicht aus der Kohle, aber allemal sehr kohlenstoffreichen *rohen Pottasche* dargestellt hat. Allerdings sind über die Existenz der Andronia Zweifel erhoben: man hat dieselbe, wohl zu voreilig, geradezu für Kieselerde erklärt, und es ist nicht zu leugnen, daß

die Darstellung derselben von Bedingungen abhängen müsse, die größtentheils unbekannt sind, da sie sowohl andern Naturforschern, als Winterl selbst, in den allermeisten Fällen nicht geglückt ist; deshalb aber an den von Winterl mit so vielen Nebenumständen erzählten Thatsachen, der Auffindung der Andronia und an ihren Eigenschaften zweifeln zu wollen, wäre eben so ungerecht, als inconsequent.

Die Andronia hat bekanntlich nach Winterl viele sehr merkwürdige Eigenschaften und spielt in dem naturwissenschaftlichen System desselben eine große Rolle. Wenn es nun auch zuweilen ungewiß ist, ob die Eigenschaften, welche Winterl der Andronia zuschreibt, unmittelbar beobachtet, oder Folgerungen aus seinem System sind, so sind doch wohl die Verbindungen, welche die Andronia mit andern Stoffen eingeht, größtentheils unmittelbar beobachtet, und insbesondere ist dies sehr in Ansehung der Metallophilsäure (so wurde von ihm bekanntlich die durch Andronia veränderte Schwefelsäure genannt) der Fall, und wir bleiben hier um so mehr bei derselben stehen, da die Eigenschaften der Metallophilsäure durch neuere Erfahrungen bestätigt werden, und sich aus der Zusammenstellung dieser verschiedenen Erfahrungen auf die Identität der Andronia und des Kohlenstoffoxyduls mit Wahrscheinlichkeit schließen läßt. Die Metallophilsäure stimmt nämlich in ihren Eigenschaften mit der in neuern Zeiten entdeckten Hyposchwefelsäure, und der Schwefelweinsäure sehr nahe überein, und ist mit der letztern wahrscheinlich einerlei. Die Schwefelweinsäure entsteht aber bekanntlich bei der Einwirkung der Schwefelsäure auf sehr kohlenstoffreiche organische Substanzen, als

Alkohol, Zucker, Pflanzenfaser ꝛc., und läßt sich daher sehr wohl denken, daß die Schwefelsäure durch Einwirkung von Kohlenstoffoxydul dieselbe Veränderung erleiden werde; und da nun die Andronia aus einer sehr kohlenstoffreichen Substanz dargestellt worden ist, und in ihren äußern Eigenschaften mit einem Körper übereinstimmt, den wir mit Wahrscheinlichkeit für Kohlenstoffoxydul erkannt haben, so ist uns auch wohl die Vermuthung erlaubt, daß die Andronia wirklich Kohlenstoffoxydul sein möge.

9.

Nehmen wir nun die Bechersche weiße Substanz, und die Winterlsche Andronia mit dem Kohlenstoffoxydul für identisch an, so lassen uns Bechers und Winterls Erfahrungen erkennen, daß dieses Oxydul sehr geneigt sein müsse, chemische Verbindungen einzugehen, wogegen wir an den sauerstofffreien, oder mit sehr wenig Sauerstoff verbundenen Substanzen, in denen der Kohlenstoff auftritt, als Diamant, Graphit und gemeiner Kohle (wiewohl in Ansehung der letztern am wenigsten) bemerken, daß sie den meisten chemischen Agentien sehr kräftig widerstehen, und zur Veränderung ihres chemischen Bestandes die Einwirkung einer sehr hohen Temperatur erfordern. Wir können daraus im Allgemeinen die Hoffnung schöpfen, durch nähere Bekanntschaft mit dem Kohlenstoffoxydul den Kreis unserer chemischen Kenntnisse, sowohl durch neue Entdeckungen, als durch neue Ansichten bekannter Prozesse, wesentlich zu erweitern, als auch praktischen Gewinn zu ziehen, indem namentlich die Bechersche Erfahrung eine nützliche Anwendung des Kohlen-

stoffoxyduls bei der Darstellung geistiger Flüssigkeiten erwarten läßt.

10.

Die Wichtigkeit des Gegenstandes wird es entschuldigen, daß ich mich bei demselben etwas lange verweilt habe. So viel mir bekannt ist, hat noch kein Schriftsteller über Hüttenkunde dieses weißen Anfluges erwähnt; praktische Hüttenkundige haben denselben ohne Zweifel öfters beobachtet, allein sie ahneten wohl die wichtige Rolle nicht, die derselbe sowohl bei metallurgischen Prozessen, als in vielfacher andrer Hinsicht spielt. Ich selbst habe diesen weißen Anflug oft bemerkt, auch häufige Versuche gemacht, denselben aufzufangen, welches jedoch weder mir, noch einigen Freunden, welche denselben auf meine Bitte aufzufangen versuchten, gelungen ist. Es ist auch in der That nicht ohne Schwierigkeit, die Sammlung des Kohlenstoffoxyduls in gehöriger Reinheit zu bewirken; indeß ersuche ich Jeden, dessen Lage es erlaubt, sich dieser Einsammlung zu unterziehen, und das gewonnene Kohlenstoffoxydul an einen Chemiker, oder auch an mich zu senden, und ich hoffe dadurch den Weg zur nähern Bekanntschaft mit dieser merkwürdigen Substanz zu bahnen.

II.

Von den Zuständen des Eisens.

1.

Bekanntlich erscheint das Eisen bei den Hüttenprozessen in drei verschiedenen Zuständen, nämlich als Roheisen, Stahl, und geschmeidiges Eisen, und in der Regel wird Stahl und geschmeidiges Eisen aus Roheisen dargestellt. Die Darstellung des Eisens in einem dieser drei Zustände, oder die Verwandlung des Roheisens in einem der beiden letztern, ist daher der Zweck aller eigentlichen Hüttenprozesse, (zu denen Förinerei, Blech-, Drahtfabrication und andre, blos die Form ändernde Manipulationen, streng genommen, nicht gehören, obgleich sie so sehr in die eigentlichen Hüttenprozesse eingreifen, daß sie eben so wenig in der Ausübung von ihnen getrennt, als in vollständigen Vorträgen über Eisenhüttenkunde übergangen werden können,) und die Erforschung der Ursachen, von denen dieser dreifache Zustand abhängt, muß als die Grundlage der theoretischen Eisenhüttenkunde angesehen werden; obgleich die specielle Betrachtung der einzelnen Hüttenprozesse noch auf andere, von den Ursachen dieser verschiedenen Zustände unabhängige Untersuchungen leitet.

Sehr natürlich mußte man daher, sobald man überhaupt wissenschaftliche Grundsätze auf das Eisenhüttenwesen anzuwenden anfing, auch die Erklärung dieser verschiedenen Zustände versuchen; sehr natürlich beschränkten sich aber die

ersten Erklärungsversuche nur auf die Hauptmomente der Erscheinungen, und es mußte der künftigen Erweiterung und Vervollständigung der Theorieen anheim fallen, mehr in das Specielle der Prozesse einzugehen. Erwägt man nun die in der Vorrede entwickelten Schwierigkeiten einer genügenden Theorie der Eisenhüttenkunde, so kann es nicht befremden, daß wir einer solchen sehr lange entbehren mußten, und daß selbst die Ansichten des Herrn Geheimen Ober-Bergraths Karsten über die verschiedenen Zustände des Eisens, an welche allein der daselbst angegebene Maaßstab einer solchen genügenden Theorie gelegt werden kann, noch nicht alle Schwierigkeiten beseitigen.

Es sei mir daher erlaubt, hier zunächst die gewöhnlichen und die Karstenschen Meinungen über die Ursachen der verschiedenen Zustände des Eisens ganz kurz zu berühren, und mein Bedenken besonders gegen die letztern vorzutragen, bevor ich meine eignen Ansichten folgen lasse, ersuche jedoch meine Leser, in sofern ihnen das über die bisherigen Theorieen Mitgetheilte nicht genügt, darüber andre Schriften, und insbesondere über die Karstensche Theorie eine Anmerkung zu dessen Ausgabe von Rinmanns Geschichte des Eisens, 2ter Band Seite 764 u. f. nachzulesen.

2.

Nach der gewöhnlichen Theorie begründet der Kohlenstoff die verschiedenen Zustände des Eisens, von welchem das geschmeidige Eisen höchstens eine unbedeutende Spur, der Stahl etwas mehr, das Roheisen mit weißem Bruche noch mehr, und das Roheisen mit

grauem Bruche am meisten und um so mehr enthalten soll, je dunkler die Bruchfarbe ist. Außerdem soll das weiße Roheisen nach Einigen auch Sauerstoff enthalten, und endlich haben Andre die Grundlagen der Erden (oder vor der Entdeckung der metallischen Natur der Erden, diese selbst) zu Hülfe nehmen zu müssen geglaubt, wogegen viele Andre, (jedoch auch nur vor der genannten wichtigen Entdeckung) die Möglichkeit der Verbindung regulinischer Metalle mit Erden leugneten.

3.

Auch Herr Karsten läßt den Kohlenstoff die Verschiedenheit der Zustände des Eisens begründen; indeß reicht nach Ihm die Menge des mit dem Eisen verbundenen Kohlenstoffs nicht hin, um die Verschiedenheit der Zustände des Eisens zu erklären, sondern es kommt besonders auch noch auf die Art der Verbindung an, indem es namentlich weißes Roheisen giebt, welches eben so viel Kohlenstoff enthalten kann, als die dunkelsten grauen Abänderungen desselben. Den Sauerstoffgehalt des Roheisens leugnet Herr Karsten gänzlich; und Erdbasen treten zwar unleugbar mit dem Eisen sehr häufig in Verbindung, allein sie sind zu Begründung des Unterschiedes des Eisens in seinen Hauptzuständen nicht wesentlich.

Eisen und Kohlenstoff stellen zwei verschiedene Verbindungen nach bestimmten Verhältnissen dar: die eine derselben ist der längst bekannte Graphit, und besteht aus Kohlenstoff mit einer geringen Menge Eisen verbunden (über das Verhältniß der Bestandtheile sind die Chemiker noch nicht

ganz einig); auf die andre dieser Verbindungen macht Herr Karsten zuerst aufmerksam, sie soll aus vielem Eisen, mit wenig Kohlenstoff verbunden, bestehen, und wir wollen dieselbe, um weitläuftige Umschreibungen zu vermeiden, einstweilen mit dem, freilich ziemlich unbestimmten Namen: gekohltes Eisen, belegen.

Sowohl der Graphit, als das gekohlte Eisen geht in unzähligen verschiedenen Verhältnissen mit reinem Eisen in Verbindung, und stellt die verschiedenen Arten des Roheisens und des Stahls, und in sofern das hüttenmännisch gewonnene geschmeidige Eisen nicht ganz frei von Kohlenstoff ist, auch dieses dar. Graphit mit reinem Eisen verbunden giebt graues, gekohltes Eisen mit reinem, weißes Roheisen, so wie auch im Stahl und geschmeidigem Eisen nur das letztere enthalten ist. Graphit kann nach Herrn Karsten nur in der größten Ofenhitze entstehen, daher ist auch die Entstehung des grauen Roheisens von dieser Bedingung abhängig. Ein geringerer Hitzegrad ist zur Bildung des gekohlten Eisens, und daher auch des weißen Roheisens hinreichend. Es folgt daraus, daß im Hohofen allemal zuerst weißes Roheisen entsteht, welches in diesem Zustande beharret, wenn es an hinreichender Hitze zur Graphitbildung fehlt, und im entgegengesetzten Falle sich in graues Roheisen verwandelt. Das Umgekehrte geschieht bei schneller Abkühlung des grauen Roheisens, wodurch dasselbe in weißes Roheisen zurückgeführt wird, indem der Graphit mit einer größern Menge von reinem Eisen zu gekohltem Eisen zusammentritt. Es giebt aber auch Stoffe, welche die Graphitbildung und mithin das Entstehen des grauen

Roheisens erschweren, als Erdbasen, Phosphor, Schwefel, Mangan ꝛc., und der Einfluß des letztern geht in dieser Hinsicht so weit, daß er selbst in der größten Hitze der Hohöfen die Entstehung des grauen Eisens hindert.

Nach Handbuch der Eisenhüttenkunde, Seite 57, entsteht überhaupt das weiße Roheisen unter folgenden Bedingungen:

1) bei leichtflüssigen, oder durch das Mißverhältniß der Zuschläge zu leichtflüssig gemachten Erzen, leichten Kohlen, und verhältnißmäßig zu starkem Gebläse, aber sonst gutem Gange;

2) bei einem zu großen Verhältniß des Erzes zu den Kohlen, also bei rohem Gange;

3) bei zu steilen Rasten und zu starkem Winde, in Verhältniß zu dem Brennmaterial, bei sonst gutem gaaren Gange;

4) bei zu geringer Hitze des Ofens, aber sonst gutem Gange;

5) bei unregelmäßigem Gange des Ofens, der nicht durch ein zu großes Verhältniß der Kohlen zum Erz herbeigeführt ist (Durchlaufen des Erzes, Rutschen der Gichten ꝛc.);

6) bei einem zu starken Zusammenpressen (besonders bei strengflüssigen Erzen) der Schmelzmasse im Schachte, wobei die Hitze des Ofens bloß im Gestelle liegt und sich nicht genug nach oben verbreitet, wobei der Gang des Ofens ein vollkommen gaares Ansehen haben kann.

Dagegen wird das graue Roheisen bei einem sehr hitzigen Gange des Ofens, wobei der Wind gehörig aus der

Gicht bläst, die Schlacke nicht zu flüssig, aber auch nicht zu steif, und die Hitze im Ofen möglichst groß ist, jedesmal entstehen.

Ich füge nur noch einige, Herrn Karsten zum Theil eigenthümliche Vorstellungsarten hinzu, welche mit dem, was ich über die Karstensche Theorie zu sagen habe, in einiger Beziehung stehen:

1) Graues Roheisen ist strengflüssiger, als weißes, erhält sich aber länger im Flusse, und ist dünnflüssiger.

2) Weißes Roheisen frischt leichter, als graues.

3) Im Hohofen wird nicht, wie man früher annahm, das Eisenoxyd zuerst in Oxydul, dieses in geschmeidiges Eisen, dieses in Stahl, und der Stahl wieder in Roheisen, welches allmählig immer mehr Roheisen aufnimmt, verwandelt. Diese Annahme soll vielmehr gegen alle Erscheinungen streiten, welche sich bei der Reduction darbieten, und diese vielmehr ergeben, daß weißes Roheisen viel mehr Kohlenstoff erfordere, als graues, welches bei regelmäßigem Gange des Ofens erfolgt; auch werden, wenn weißes Roheisen entsteht, immer unverbrauchte Kohlen aus dem Vorheerde gearbeitet, welche den wenigen Kohlenstoff zur Darstellung des grauen Roheisens leicht hätten hergeben können, woraus denn folge, daß es nicht könne an Kohlenstoff gefehlt haben.

4.

Werfen wir nun einen Blick auf die Karstensche Theorie zurück, so erkennen wir als Grundlage derselben die Annah-

nahme von zwei verschiedenen Verbindungen des Eisens mit Kohlenstoff nach bestimmten Verhältnissen, nämlich zu Graphit und zu gekohltem Eisen, und diese Idee ist gewiß sehr glücklich, und wird auch dadurch sehr wahrscheinlich, daß das Eisen auch mit andern Stoffen, namentlich dem Sauerstoff, dem Schwefel ꝛc. sich in doppelten Verhältnissen verbindet. Gegen die weitere Ausführung der Karstenschen Theorie sei es mir aber vergönnt, einige Erinnerungen zu machen, wobei ich mich zunächst zu der Bildung des Roheisens wende.

Wenn Herr Karsten leugnet, daß das Eisenoxydul zuerst in geschmeidiges Eisen übergeht, ehe es Kohlenstoff aufnimmt, so kann dies wohl nur so zu verstehen sein, daß sich keine Region des Ofens angeben, oder nur denken lasse, in welcher alles vorhandene Eisen sich im geschmeidigen Zustande befindet, und sich zu bedeutenden Massen vereinigt hat, oder auch daß keine Zeit gedacht werden könne, während welcher bestimmte Eisenmassen im geschmeidigen Zustande, ohne Kohlenstoff aufzunehmen, beharren. Sonst ist es aber doch gewiß den Verwandtschaftsgesetzen angemessen, anzunehmen, daß jedes einzelne kleine Eisentheilchen, erst seinen Sauerstoff verlieren, also in den geschmeidigen Zustand übergehen müsse, bevor es Kohlenstoff aufnehmen könne, und insbesondere wird Herr Karsten dies einräumen müssen, da derselbe das gleichzeitige Beisammensein des Kohlenstoffs und Sauerstoffs leugnet. Ist bei einer Beschickung der gehörige Grad der Schmelzbarkeit getroffen, so findet aber die Reduction des Eisens bis zum geschmeidigen Zustande schon in einer solchen Entfernung von der Form Statt, wo die Hitze

zum Schmelzen des geschmeidigen Eisens noch nicht hinreicht, und wo außerdem das Zusammentreten bedeutender Eisenmassen durch die erst im Beginnen begriffene Schlackenbildung gehindert wird. Bei regelmäßigem Gange des Ofens und gehöriger Schmelzbarkeit der Beschickung vertheilt sich nun die ganze Schmelzmasse beim Herabsinken in mehr erhitzte Ofenräume, indem das Eisen anfängt Kohlenstoff aufzunehmen und dadurch leichtflüssiger zu werden, auch die Schlackenbildung weiter fortschreitet, in einzelnen Tropfen, welche sich an die Kohle hängen, von denen das Eisen stärker angezogen wird, als die Schlacken, wodurch Eisen und Kohle bald in unmittelbare Berührung kommen. Entweder in diesem Zustande, oder indem die Kohlen, an denen die Tropfen hingen, verzehrt werden, zwischen andern Kohlen herabgleitend, gelangen die Tropfen vor die Form, und das Eisen sinkt unter die Schlackendecke herab. Daß das Eisen auf diese Weise, sowohl durch die unmittelbare Berührung mit Kohlen, als in der so sehr mit Kohlenstoff überladenen Atmosphäre Kohlenstoff aufnehmen müsse, so lange es noch nicht damit gesättigt ist, oder andre Umstände es verhindern, ist wohl klar, und da wir nun die vollständige Sättigung des Eisens mit Kohlenstoff in den Hohöfen niemals erreichen, so müssen wir bei Berücksichtigung aller dieser Umstände wohl annehmen, daß alles Roheisen, wiewohl nur in einzelnen kleinen Theilchen, in den geschmeidigen Zustand übergehen müsse, bevor es Kohlenstoff aufnehmen könne, daß aber der ganze Reductionsprozeß, von der anfangenden Desoxydation, bis zu der Verbindung mit der den Umständen angemessenen größten Menge Kohlenstoff, stetig fort-

schreite, und ich muß gestehen, keine einzige Erscheinung zu kennen, welche sich mit dieser Voraussetzung nicht in Uebereinstimmung bringen ließe. Wird aber die fortwährende allmählige Aufnahme des Kohlenstoffs, von dem Augenblicke an, wo der Sauerstoff von dem Eisen geschieden ist, bis dahin zugestanden, wo das Eisen unter die Schlackendecke sinkt, so wird man auch einräumen müssen, daß die Aufnahme von Kohlenstoff in desto geringer Menge Statt finden müsse, wenn entweder in dem Raume des Ofens, wo die Verbindung geschehen soll, weniger Kohle vorhanden ist, oder wenn die Zeit, in welcher die Verbindung erfolgen kann, abgekürzt wird, sei es nun, daß das Eisen von einerlei Höhe schneller herabsinkt (wie bei leichtflüssigen Eisensteinen oder sehr verstärktem Gebläse), oder daß die Region des Ofens, in welcher die Desoxydation vollendet ist, also die Verbindung mit dem Kohlenstoff anfangen kann, der Form näher gebracht wird (wie bei strengflüssigen Beschickungen, bei mangelnder Hitze im Ofen, bei zu schwachem Winde, bei stark zusammengepreßter Schmelzsäule ꝛc.). Wir können zunächst hieraus schließen, daß die Aufnahme von mehr oder weniger Kohlenstoff nicht blos von dem Vorhandensein der Kohlen, sondern eben sowohl von dem Zusammentreffen der übrigen Bedingungen, welche diese Aufnahme befördern oder erschweren, abhängt, und werden es dann nicht mehr paradox finden, daß unter gewissen Umständen die Darstellung eines minder kohlenstoffhaltigen Roheisens einen größern Kohlenaufwand erfordern könne, als die eines kohlenstoffreichern Roheisens. Nehmen wir aber wahr, daß die Bruchfarbe des Roheisens nach und nach immer lichter, und zu-

letzt weiß wird, wenn wir unter den angeführten Umständen einen mehr und mehr abnehmenden Kohlenstoffgehalt zugestehen müssen, so dürfen wir doch auch wohl annehmen, daß das unter den angeführten Umständen entstandene weiße Roheisen, seine lichte Bruchfarbe dem (freilich nur relativen) Mangel an Kohlenstoff verdankt, haben jedoch nicht nöthig, die gänzliche Abwesenheit des Kohlenstoffs im Roheisen, oder gar einen Sauerstoffgehalt desselben vorauszusetzen. Daß hier nur von einem auf die mehr erwähnte Weise entstandenen weißen Roheisen die Rede ist, und daß dadurch andre Arten des weißen Roheisens, welche eben so viel Kohlenstoff enthalten können, als die dunkelsten Abänderungen des grauen Roheisens, wie besonders bei dem manganhaltigen der Fall ist, und wovon weiter unten noch die Rede sein wird, durchaus nicht ausgeschlossen werden, braucht wohl kaum erinnert zu werden.

5.

Müssen wir aber zugestehen, daß das auf die angezeigte Weise entstandene Roheisen mit lichter Bruchfarbe, eben der Art seiner Entstehung wegen, wirklich nicht so viel Kohlenstoff enthalten könne, als das mit grauer Bruchfarbe, und erkennen wir in dem verschiedenen Kohlenstoffgehalte den hinreichenden Grund dieser Verschiedenheit des Roheisens; so haben wir auch nicht nöthig, zur Erklärung dieser Verschiedenheit noch andere Hypothesen zu Hülfe zu nehmen, und wenigstens die bisher betrachteten Erscheinungen geben uns noch keine Veranlassung der Karstenschen Hypothese, daß nur in der höchsten Ofenhitze Graphit gebildet werde,

und daß die gehinderte Umwandlung des früher gebildeten gekohlten Eisens in Graphit, der Hauptgrund der Erscheinung des Eisens mit weißer Bruchfarbe sei, beizutreten. Aber auch die Entstehung andrer Arten des weißen Roheisens erfordert diese Hypothesen nicht, und namentlich gesteht Herr Karsten selbst, daß das manganhaltige weiße Roheisen, selbst in der höchsten Ofenhitze, nicht in graues Roheisen verwandelt werde. Es giebt aber auch Erscheinungen, welche gegen die Behauptung, daß zur Bildung des Graphits die höchste Ofenhitze erforderlich sei, streiten. Es wird nämlich auch Graphit im Probirfeuer und im Hohofen, im Anfange der Campagne, und selbst am Ende der sogenannten stillen Gicht (ehe das Gebläse angelassen ist) und wenn sich das Eisen im Heerde zu zeigen anfängt, gebildet. In beiden Fällen, im Probirfeuer bei einem schwachen Gebläse, und bei der gewöhnlichen kurzen Dauer der Eisenproben von 1 bis 1½ Stunde, und im Anfange der Campagne, wo das äußere Mauerwerk des Ofens einen großen Theil der Wärme, welche im innern Ofenraume entwickelt wird, raubt, ist gewiß eine geringere Hitze anzunehmen, als in der Folge, selbst bei Betriebsstörungen, wenn weißes Roheisen erscheint. Es giebt sogar manganhaltige Eisensteine, welche im Anfange der Campagne graues, und späterhin, ohne daß der Ofen übersetzt wird, vielmehr bei sehr regelmäßigem gaaren Gange, weißes Roheisen geben *). Daß in den so

*) Diese, nur auf den ersten Blick auffallende Erscheinung, erklärt sich ganz ungezwungen, wenn man die große Strengflüssigkeit des Manganmetalles berücksichtigt. In der That

eben bemerkten Fällen großer Ueberfluß an Kohlen war, und daß das Roheisen nur in kleinen Massen erscheint, kann allerdings auf die Graphitbildung wesentlichen Einfluß haben, und hat ihn gewiß, kommt aber hier nicht in Betrachtung, da es nur darauf ankommt, darzuthun, daß Graphit auch in geringerer Temperatur, als der höchsten Ofenhitze, entsteht.

6.

Nehmen wir nun außer dem Graphit noch ein gekohltes Eisen an, leugnen aber gleichwohl die Umwandlung des gekohlten Eisens in Graphit in der größten Ofenhitze; so müssen wir ferner entweder annehmen, daß wenigstens in den bisher betrachteten Fällen kein gekohltes Eisen, sondern vom Anfange an sogleich Graphit, wiewohl in immer zunehmender Menge gebildet werde und in das Roheisen übergehe, oder daß im Ofen überhaupt nur gekohltes Eisen gebildet wird, aber auch, als solches, in der größten Ofenhitze beharret; daß aber sodann beim langsamen Erkalten des Roheisens der Kohlenstoff des gekohlten Eisens mit

---

entsteht das graue Roheisen aus manganhaltigem Eisenstein, im Anfange der Campagne, nur bei armen und sehr leichtflüssigen Eisensteinen. Sind die Eisensteine strengflüssig, muß also die Hitze im Ofen schon bedeutend sein, um ein Schmelzen derselben zu bewirken, so wird auch Manganmetall reducirt und das Roheisen weiß werden; sind aber die Eisensteine reichhaltig, so wird durch Hülfe des Eisens so viel Manganmetall reducirt werden, um das Roheisen mit weißem Bruche erscheinen zu lassen.

einer geringern Menge Eisen zu Graphit zusammentritt, und sogleich bei seinem Entstehen aus der Verbindung scheidet. Im ersten Falle dieser Alternative würden wir mit Herrn Karsten annehmen können, daß der hypothetisch in der größten Ofenhitze gebildete Graphit, beim schnellen Erkalten des Roheisens, sich wieder mit einer größern Menge reinen Eisens zu gekohltem Eisen verbindet, da die Erfahrung lehrt, daß das schnell abgekühlte Roheisen mit weißem Bruche erscheint. Diese letzte Hypothese scheint indeß Herr Karsten nur deshalb aufstellen zu müssen geglaubt zu haben, um die Erfahrung, daß durch schnelles Abkühlen das Roheisen (das sonst einen grauen Bruch erhalten würde) mit weißer Bruchfarbe erscheint, mit der vermeintlichen Graphitbildung in der größten Ofenhitze in Uebereinstimmung zu bringen, da keine andre Erscheinung die erwähnte Umwandlung des Graphits in gekohltes Eisen durch schnelle Abkühlung anzunehmen nöthigt. Es muß aber überhaupt mißtrauisch gegen eine Hypothese machen, wenn sie nur dazu dient, eine andere aufrecht zu erhalten, und außerdem ist es in dem vorliegenden Falle gewiß naturgemäßer, anzunehmen, daß das Roheisen durch langsames Abkühlen eine Veränderung seines chemischen Bestandes erfährt, welcher bei plötzlicher Abkühlung gehindert wird, da jede chemische Thätigkeit eine gewisse Zeit erfordert, und sich um so vollständiger äußert, je mehr man störende Einflüsse, wohin besonders ein schneller Temperaturwechsel gehört, abhält. Es bedarf wohl kaum einer Erinnerung, daß, wenn wir die Umwandlung des gekohlten Eisens in Graphit, in der größten Ofenhitze, leugnen, und überhaupt gar keine Graphitbildung

im Ofen gestatten, gleichwohl aber, dem allgemeinen hüttenmännischen Sprachgebrauche gemäß, im Obigen von Graphitbildung im Ofen die Rede gewesen ist, und noch im Folgenden von der Entstehung des grauen Roheisens im Hohofen die Rede sein wird, diese Ausdrücke den entwickelten Ansichten nicht angemessen sind, und nur in dem allgemein angenommenen hüttenmännischen Sprachgebrauche ihre Entschuldigung finden, und daß unter grauem Roheisen nur ein solches zu verstehen sei, daß bei langsamem Erkalten einen grauen Bruch annimmt, und unter Graphitbildung im Ofen ebenfalls die Bildung eines solchen Roheisens gedacht werden müsse, aus welchem sich beim langsamen Erkalten Graphit ausscheidet.

7.

In dem Bisherigen wäre nun die Karstensche Theorie der Hauptsache nach beleuchtet, und ich kann nun zu der Darlegung meiner eignen Ansichten übergehen.

Wir sind berechtigt, die Darstellung des Roheisens als einen einfachen Reductionsprozeß zu betrachten; denn obgleich das Eisen in den natürlichen Verbindungen, welche dem Hüttenmann das erste Material zur Gewinnung desselben darbieten, nicht bloß im oxydirten und oxydulirten Zustande vorkommt, sondern (namentlich im Spatheisenstein, und einer ihm analogen Art dichten Eisensteins) als kohlensaures Eisenoxydul, ferner mit Phosphorsäure, Schwefel, andern Metalloxyden und Erden in den mannigfaltigsten Verbindungen erscheint; obgleich ferner die Bestandtheile der mit dem Eisenstein brechenden Fossilien, welche sich durch die

unvollständigen Aufbreitungsmethoden beim Eisenhüttenwesen nur sehr unvollkommen scheiden lassen, nicht nur auf den Schmelzgang, sondern auch auf die Eigenschaften des Productes wesentlichen Einfluß haben: so stehen dem Hüttenmann bei der Wohlfeilheit des Eisens nur die einfachsten Mittel zu seiner Darstellung zu Gebote, welche um so weniger hinreichend sein können, das Eisen von fremdartigen Beimischungen frei darzustellen, da selbst der im Kleinen arbeitende, und mit den mannigfaltigsten Hülfsmitteln versehene Chemiker, die Bereitung eines reinen Eisens zu den schwierigen Aufgaben zählt. Wir dürfen also den Prozeß der Roheisenerzeugung, so lange nur von ihm, und nicht von den Eigenschaften des erhaltenen Roheisens die Rede ist, als einfachen Reductionsprozeß betrachten, und selbst die absichtliche Verbindung des Eisens mit Kohlenstoff ändert diese Ansicht nicht, da sie nur das Resultat der nach der vollendeten Desoxydation des Eisens fortdauernden Einwirkung der Kohlen auf das Eisen ist. Neben dem Reductionsprozesse schreitet aber gleichzeitig noch ein andrer fort, nämlich die Schlackenbildung, und beide hängen so innig zusammen und von einander ab, daß es unmöglich ist, sich die Vorgänge bei dem einen dieser Prozesse gehörig vorzustellen, ohne zugleich den andern zu berücksichtigen. Der Schlackenbildung wird indeß in den hüttenmännischen Schriften bis jetzt noch nicht die Aufmerksamkeit geschenkt, welche sie verdient, obgleich ihre Wichtigkeit schon von dem Praktiker erkannt wird, der aus der Beschaffenheit der Schlacken den Schmelzprozeß vorzüglich beurtheilt. Hier wird indeß von diesen Prozessen nur in so fern die Rede sein, als es nöthig

ist, um über die verschiedenen Zustände des Eisens gehörige Aufklärung zu verschaffen.

Die Schlacke, welche sich bei der Roheisenerzeugung bildet, ist eine ziemlich vollkommen glasige Verbindung aus den Erden, welche sich in der Beschickung befinden, mehreren Metalloxyde, in welchen ohne Zweifel auch etwas Kohle übergeht. Die Erden stehen wahrscheinlich größtentheils in den Schlacken auf ihrer höchsten Oxydationsstufe, oder sind wenigstens noch einer niedrigen Oxydationsstufe fähig, wie wir in der Folge bei der Betrachtung der Frischschlacken sehen werden. Die Metalle und die Kohlen, welche sich in der Schlacke befinden, stehen indeß auf einer niedrigern Oxydationsstufe. Die Erden und Metalloxyde sind in den Gläsern und Schlacken sehr innig verbunden, und die letzten widerstehen selbst der reducirenden Wirkung der Kohlen, wie unter andern das nachtheilige Verhalten der Eisensteine, welche durch zu starkes Rösten eine anfangende Verglasung erlitten haben, das gleichzeitige Vorhandensein von Metall- und Kohlenoxyd in der Schlacke, und viele andre Erscheinungen beweisen.

Wir sehen hieraus, wie wichtig es sei, daß der Reductionsprozeß schon bis zu einem gewissen Grade fortgeschritten sei, bevor die Schlackenbildung anfängt, und daß im Gegentheil, wenn die Schlackenmasse schon in einen glasigen Fluß käme, wenn das Eisen noch als Oxyd oder Oxydul vorhanden wäre, dasselbe mit in die Schlacken geführt werden, und dann der reducirenden Wirkung der Kohlen sehr widerstehen würde. Es müßte also unter diesen Umständen eine eisenreichere Schlacke erfolgen. Würde aber die

glasige Verbindung durch die reducirende Wirkung der Kohle doch zum Theil aufgehoben, so würde nicht blos das Eisen, sondern auch ein Theil der Erdbasen reducirt, und die letztern in die Roheisenmasse übergeführt werden. Wir sehen diese Erfolge bei der Verarbeitung sehr leichtflüssiger Beschickungen in der That zum Theil bestätigt, und würden sie ganz bestätigt finden, wenn in der Ausübung in so hohem Grade leichtflüssige Beschickungen vorkämen, als es hier vorausgesetzt wird. Außerdem sinkt aber bei sehr leichtflüssigen Beschickungen, wie oben schon erwähnt wurde, das Roheisen schneller unter die Schlackendecke herab, und kann daher theils aus diesem Grunde, theils, weil, wie so eben auseinandergesetzt wurde, die Wirkung der Kohlen auf das schon in glasiger Verbindung getretene Eisen ausnehmend erschwert wird, nur wenigen Kohlenstoff aufnehmen: es wird also ein kohlenstoffarmes Roheisen von weißer Bruchfarbe entstehen.

Um den Einfluß zu übersehen, den sehr strengflüssige Beschickungen auf die Eigenschaften des Roheisens haben, müssen wir erwägen, daß beim Schmelzen fester Körper, diese nicht auf einmal aus dem festen Zustande in den flüssigen übergehen können, sondern daß schon, auch so lange noch der erste Zustand besteht, eine bis in die kleinsten Theilchen sich erstreckende Veränderung ihres Zusammenhanges vorgeht, wie das erleichterte mechanische Zerkleinern sehr fester Fossilien nach vorangegangenem Glühen derselben beweiset, und wodurch auch die Desoxydation der Metalloxyde noch vor dem Schmelzen befördert wird, wie wir dies unter andern an der Ausscheidung des Eisens im metallischen Zustande, aus den natürlichen Verbindungen desselben, durch

bloße Cementation der letztern, sehen. Bei sehr strengflüssigen Beschickungen geht aber auch die eben erwähnte Veränderung des Zusammenhangs vor dem Schmelzen langsamer und unvollkommner vor sich, die Wirkung der Kohlen auf die Metalloxyde wird dadurch erschwert, und die Eisensteine gelangen in die tieferen Ofenräume, wo die Hitze von einem horizontalen Querschnitte zum andern weit schneller zunimmt, früher, ehe die Metalloxyde vollständig desoxydirt werden konnten. Widerstehn nun auch die Eisensteine der Hitze in den tiefen Querschnitten nicht, so wird doch sowohl der Reductionsprozeß, als die Schlackenbildung der noch wenig vorbereiteten Schmelzmasse so übereilt, daß nur ein kohlenstoffarmes Roheisen mit weißer Bruchfarbe entstehen wird; dieses Roheisen wird aber auch, eben weil dem Spiel der Verwandtschaft nicht Zeit genug gelassen worden ist, viele Erdbasen, so wie umgekehrt die Schlacken, deren Aeußeres schon einen unvollkommnen Fluß verräth, viel Eisenoxyd enthalten.

Wir sehen hieraus, daß ein gehöriger Grad der Flüssigkeit (der indeß nicht zwischen sehr nahen Grenzen liegt) zur Darstellung eines kohlenstoffreichen Roheisens, welches beim langsamen Erkalten Graphit ausstößt und eine graue Bruchfarbe annimmt, nothwendig sei, und die Darstellung eines solchen Roheisens sowohl durch zu große Leichtflüssigkeit, als durch zu große Strengflüssigkeit gehindert werden müsse, was auch die Erfahrung vollkommen bestätigt.

Die Schlackenbildung spielt aber auch bei der Roheisenerzeugung noch in andrer Hinsicht eine wichtige Rolle, in-

dem es auch sehr auf ein richtiges Verhältniß der Eisen- und Schlackenmasse ankommt. Ein zu geringes Verhältniß der Eisenmenge zur Schlackenmenge kommt in der Ausübung nicht vor, da es schon aus ökonomischen Gründen nicht thunlich sein würde, eine so arme Beschickung zu verschmelzen. Ein zu großes Verhältniß der Eisenmenge zur Schlackenmenge findet aber in einzelnen Fällen, wo man sehr reichhaltige Eisensteine verarbeitet, Statt. Die einzelnen Eisentheilchen werden dann bei der Reduction durch die erdige Masse nicht gehörig aus einander gehalten, sondern vereinigen sich, sobald sie in den metallischen Zustand übergehen, zu größern Massen, welche der kohlenstoffreichen Atmosphäre im Innern des Ofens eine verhältnißmäßige kleinere Oberfläche darbieten, auch nicht durch eine größere Menge viscider Schlackenmassen auf den Kohlen gewissermaßen fest geklebt werden können, sondern schneller unter die Schlackendecke hinabsinken. Es muß also ein weißes, kohlenstoffarmes Roheisen entstehen. Aber auch Erdbasen wird ein solches Roheisen in reichlicher Menge aufnehmen, da die Erden um so mehr in den im Ganzen mehr vorherrschenden Reductionsprozeß mit hineingezogen werden, je weniger sie bei der, in der Regel den sehr reichhaltigen Eisensteinen auch eigenen strengflüssigen Beschaffenheit, zu einer glasigen Verbindung disponirt sind. Je weniger strengflüssig man indeß bis zu einer gewissen Grenze eine sehr reichhaltige Beschickung zusammen zu setzen im Stande ist, desto weniger wird das Roheisen sich mit Erdgrundlagen überladen zeigen, und bei manganhaltigen Beschickungen wird dies aus andern Gründen am wenigsten der Fall sein.

Endlich hat aber auch noch die **Beschaffenheit** der gebildeten Schlacken auf den Reductionsprozeß einen wesentlichen Einfluß, je nachdem nämlich die Schlacke mehr oder weniger vollkommen glasig ausfällt, (im letzten Falle wird, wie wir schon gesehen haben, die Reduction der Erdbasen befördert,) oder sich mehr oder minder zähe im Flusse erhält, wodurch das Herabsinken der geschmolzenen Massen mehr oder minder verzögert wird.

Die Schlackenbildung hat also auf den Reductionsprozeß einen dreifachen Einfluß, nämlich nach dem Beginnen und Fortschreiten derselben, in Verhältniß zu dem Beginnen und Fortschreiten des letztern, nach dem Verhältniß der Menge der gebildeten Schlacken zu der Menge des reducirten Roheisens (welches jedoch nur zwischen gewissen, nicht sehr nahe liegenden Grenzen zu fallen braucht) und nach der Beschaffenheit der Schlacken selbst.

8.

Der Reductionsprozeß für sich betrachtet, verwandelt nun das Eisenoxyd in Oxydul, letzteres in geschmeidiges Eisen, und dieses durch zunehmende Aufnahme von immer mehr Kohlenstoff in immer kohlenstoffreicheres Roheisen. So lange das Eisen sich nur im regulinischen Zustande, und ohne mit Kohlenstoff verbunden zu sein, befindet, ist dasselbe in den Regionen, in welchen es entsteht, noch viel zu strengflüssig, um in Massen zusammen zu treten, sondern wird von den, ebenfalls noch nicht zu flüssigen Schlacken zusammengetretener Erden in dem Zustande möglichst feiner Zertheilung so auseinander gehalten, daß es den festen

Kohlen und den kohlenstoffhaltigen Gasarten möglichst viele Berührungspunkte darbietet, wodurch bald ein Theil dieses Eisens in gekohltes Eisen verwandelt wird, welches nicht nur selbst, auch in den minder erhitzten Ofenräumen, im flüssigen Zustande erscheint, sondern auch noch einen ansehnlichen Theil reinen Eisens aufzulösen vermag. So wie nun die Eisenmasse auf diese Weise in den flüssigen Zustand übergeht, tritt sie in Tropfen zusammen, welche aber von der gleichzeitig flüssig werdenden Schlacke umhüllt, an den Kohlen fest geklebt werden, und mit ihnen langsam weiter hinabsinken, durch die fortwährende Berührung mit Kohlenstoff immer mehr, jedoch niemals ganz in gekohltes Eisen verwandelt werden, bis sie durch die Schlackendecke gegen weitere Veränderung geschützt werden. Die gesammte Eisenmasse wird jedoch bei unsern hüttenmännischen Vorrichtungen eben so wenig in gekohltes Eisen verwandelt, als sie im geschmeidigen Zustande beharren, oder gar mit Sauerstoff verbunden bleiben kann. Diese letzte Meinung, welche noch unter den Hüttenkundigen einige Vertheidiger findet, ist durch keinen einzigen Versuch zu beweisen, und streitet außerdem gegen directe hüttenmännische Erfahrungen. Um dies näher darzuthun, beschränke ich mich indeß auf die nähere Betrachtung eines Eisens, welches allein Sauerstoff, und keinen Kohlenstoff enthält, da das gleichzeitige Zusammensein dieser beiden Stoffe im Roheisen, welches gegen die einfachsten Verwandtschaftsgesetze streitet, nicht eher zugestanden werden kann, bis dasselbe durch unbezweifelte Thatsachen bewiesen worden ist. Wir bemerken demnach zunächst, daß unsere Oefen, aus denen das Roheisen im flüs-

sigen Zustande abgestochen wird, nothwendig sogleich ins Stocken gerathen müssen, wenn man das Eisen im geschmeidigen Zustande darstellen wollte; denn obgleich geschmeidiges Eisen vor der Form in Fluß gebracht werden kann, so beharrt es doch im minder erhitzten Heerdraume, in welchem sich das Eisen sammelt, nicht im flüssigen Zustande, sondern vereinigt sich daselbst zu erstarrten zusammenhängenden Massen, welche nicht anders aus dem Ofen geschafft werden können, als wenn man die vordere Gestellwand hinwegreißt. In einigen Gegenden, z. B. im Hennebergischen, wird auch in der That in denselben Blauöfen, in denen das Roheisen gewöhnlich im flüssigen Zustande erscheint, zu andern Zeiten aus einer reichhaltigern Beschickung und mit verhältnißmäßig geringern Kohlensätzen absichtlich ein ziemlich geschmeidiges Eisen dargestellt, welches, nachdem die vordere Gestellwand weggenommen worden ist, in einer zusammenhängenden Masse aus dem Ofen gezogen, unter den Hammer gebracht, und wie ein Deul aus dem Frischfeuer, mittelst eines Setzeisens, in Schirbel (welche sehr unpassend Gußstücke genannt werden) getheilt, und als Zusatz beim Verfrischen des Roheisens vermittelst des Löschfeuerprozesses verwendet. Diese sogenannten Gußstücke sind aber höchst wahrscheinlich kein reines geschmeidiges Eisen, sondern mit etwas Sauerstoff verbunden, sei es nun, daß das Eisen im regulinischen Zustande sich mit einem Antheil Eisenoxydul wirklich verbinden kann, oder daß das Eisenoxydul nur als Gemengtheil der ganzen Eisenmasse auftritt. Wir sehen also, daß das mit etwas Sauerstoff verbundene Eisen ebenfalls in der Schmelzofenhitze in starren Massen, und

nicht im flüssigen Zustande erscheint, was sich auch durch Beobachtung des Frischprozesses bestätigt, wo keine andern flüssigen Massen vorkommen, als kohlenstoffhaltiges Eisen, und Frischschlacke, in welcher der Eisengehalt vollständig oxydulirt ist. Wenn daher einige Erfahrungen, z. B. die Eigenschaften, welche geschmeidiges Eisen annimmt, welches anhaltend einer sogenannten trocknen Hitze ausgesetzt wird, auch darauf hindeuten sollten, daß Eisen, welches in seinen wesentlichen Eigenschaften als geschmeidiges Metall erscheint, doch schon etwas Sauerstoff enthalten könne; so trägt dieser Sauerstoffgehalt doch nichts dazu bei, das Eisen flüssig zu machen, so lange er dasselbe noch nicht in Oxydul verwandelt: es kann also kein Roheisen geben, welches durch Sauerstoff flüssig gemacht worden ist.

Kehren wir nun zu den allgemeinen Betrachtungen über das Roheisen zurück. Wir haben gesehen, daß sich aus dem zuvor in den geschmeidigen Zustand übergeführten Eisen, durch Aufnahme von Kohlenstoff, gekohltes Eisen bildet, welches, in Verbindung mit reinem Eisen, Roheisen im flüssigen Zustande darstellt. In diesem Vorgange selbst müssen wir eine Bestätigung der Existenz des gekohlten Eisens finden, denn sowohl der Graphit, als das reine Eisen ist in der Temperatur, in welcher das Roheisen flüssig erscheint, starr; soll aber ein Körper in einen andern aufgelöst werden, so muß das Letztere schon zuvor flüssig sein; wollte man daher das Roheisen als eine Verbindung des reinen Eisens mit Graphit ansehen, so würde sich nicht wohl begreifen lassen, wie dasselbe in einer solchen Temperatur, in welcher wir es

bereits flüssig sehen, habe in Fluß gerathen können. Dagegen kennen wir keine einzige Erscheinung, welche auf die Entstehung von Graphit aus gekohltem Eisen, in der größten Ofenhitze, deutete. Die ganze Veränderung, welche das Roheisen von seiner ersten Entstehung an, bis es unter die Schlackendecke sinkt, erfährt, besteht in der Aufnahme von immer mehr Kohlenstoff; derselbe vermehrt aber blos die Menge des gekohlten Eisens, und diese Vermehrung geht so allmählig und so stetig vor sich, wie es nur bei einem gleichförmig fortschreitenden Prozesse, aber nicht bei einer plötzlichen chemischen Veränderung der ganzen Eisenmasse sich denken läßt. Fassen wir nun aber die Erscheinungen bei dem Abkühlen des kohlenstoffreichen, den fremden Beimischungen freien Roheisens, ins Auge, wobei, je nachdem es langsamer oder schneller erfolgt, eine graue oder weiße Bruchfarbe erscheint, so haben wir bereits oben gesehen, daß dieselben weit mehr auf ein Entstehen, als auf ein bloßes Ausscheiden des Graphits deuten, wonach sich dann die Ansicht aufdringen wird, daß im Ofen gar kein Graphit gebildet wird, daß Roheisen, so wie es aus dem Ofen kommt, also auch keinen Graphit, sondern nur gekohltes Eisen enthalten kann. Die Eigenschaften des grauen Roheisens können übrigens als bekannt vorausgesetzt werden, und die Bedingungen seiner Entstehung (d. h. eines solchen Roheisens, welches beim Erkalten eine graue Bruchfarbe annimmt) sind leicht aus dem Bisherigen und dem, was sogleich über die Entstehung des weißen Roheisens gesagt werden soll, zu entnehmen.

9.

Das weiße Roheisen entsteht unter folgenden Bedingungen:

1) Durch schnelle Abkühlung des Roheisens, welches außerdem eine graue Bruchfarbe angenommen haben würde. Es bedarf nach dem Bisherigen kaum der Erwähnung, daß es nach den hier entwickelten Ansichten nicht consequent ist, zu sagen, das graue Roheisen wird in weißes verwandelt, da vielmehr bei langsamer Abkühlung das an sich weiße Roheisen in graues verwandelt wird.

2) Durch relativen Mangel an Kohlenstoff. Die Verbindung des reinen Eisens mit einem Theile gekohlten Eisen ist zu innig, als daß die Bildung und Ausscheidung des Graphits nicht in ihr ihre Grenze finden sollte. Diese Grenze würde schon dadurch gegeben werden, daß der Prozeß der in Rede stehenden Bildung und Ausscheidung, ein in allen seinen Theilen bewegliches, d. h. flüssiges Gemisch voraussetzt; nun ist aber das reine Eisen schon in der Temperatur starr, in welcher sich das Roheisen befindet, so wie es aus dem Ofen kommt, und das Roheisen bedarf zum Flüssigwerden einer um so höhern Temperatur, je mehr es sich dem reinen Eisen nähert, d. h. je ärmer es an Kohlenstoff wird. Indem sich nun Graphit ausscheidet, wird das übrige Eisen ärmer an Kohlenstoff, es würde also, auch wenn sich die Temperatur desselben während dem Ausscheiden des Graphits nicht ändert, eine Erstarrung erfolgen müssen, diese Erstarrung wird

aber durch die gleichzeitig Statt findende Abkühlung beschleunigt, und es muß also einen Zeitpunkt geben, wo wegen dieser Erstarrung die Graphitbildung aufhören muß, obgleich es noch keineswegs an Kohlenstoff für dieselbe fehlt. Ich trage indeß Bedenken, in dieser Erstarrung allein den Grund zu suchen, weshalb die Bildung und Absonderung des Graphits ihre Grenzen findet, obgleich die vermehrte Absonderung desselben, wenn durch künstliche Mittel die Abkühlung verzögert wird, für diese Ansicht zu sprechen scheint, sondern glaube, daß die Absonderung des Graphits, auch wenn die mehr erwähnte Erstarrung nicht erfolgte, durch die Verwandtschaft des reinen Eisens zum gekohlten Eisen dennoch ihre Grenzen finden würde. Die Gründe für diese Meinung weiter unten.

Je mehr daher der Kohlenstoffgehalt des Eisens abnimmt, desto mehr muß die Absonderung des Graphits bei langsamer Abkühlung gehindert werden, und desto lichter erscheint die Bruchfarbe des Roheisens, bis zuletzt bei einem geringen Kohlenstoffgehalt die Bruchfarbe des Roheisens ganz weiß wird. In welchem Verhältniß Eisen und Kohlenstoff zu einander stehen müssen, damit die Absonderung des Graphits beim langsamen Erkalten des Roheisens ganz aufhört, ist noch nicht bestimmt, und dürfte auch wohl nicht leicht zu bestimmen sein, da in der Regel, wo der Kohlenstoffgehalt des Roheisens abnimmt, auch andre Ursachen, welche die Absonderung des Graphits hindern, gleichzeitig zunehmen. Geht nun das Roheisen mit dunkel-

grauer Bruchfarbe nach und nach in das mit weißer Bruchfarbe, blos durch relativen Mangel an Kohlenstoff über, so bemerkt man folgende Erscheinungen: Das Roheisen mit dunkelgrauer Bruchfarbe fließt etwas matt, erhält sich jedoch lange im Flusse, scheidet bei langsamen Erkalten vielen Graphit aus, schwindet stark, und bildet beim Erkalten massenreicher Stücke im Innern hohle Räume, die jedoch kein blasiges Ansehen haben, und bloß Folge der Volumverminderung sind. Nach dem langsamen Erkalten erhält sich dieses Eisen weich gegen die Feile, nimmt Eindrücke von Hammerschlägen an, und erfordert eine beträchtliche Gewalt, um zersprengt zu werden. Nimmt der Kohlenstoffgehalt des Roheisens in dem Grade ab, daß er mit weißer Bruchfarbe erscheint, so fließt es ebenfalls matt, erstarrt aber auch sehr schnell und bedeckt sich noch während des Flusses mit einer dicken Rinde von Eisenoxydul. Im Innern bilden sich viele Blasenräume, und das Eisen schwindet beim Erkalten nicht. Nach demselben ist es durch sehr geringe äußere Gewalt zersprengbar, und oft zerspringt es beim Erkalten freiwillig auf dem Heerde; gegen die Feile ist dieses Eisen hart, und nimmt keine Eindrücke des Hammers an. Beide Extreme sucht man zu vermeiden, vorzüglich aber das letztere, indem ein solches Eisen weder zur Gießerei, noch zur Stabeisenbereitung taugt. Die Roheisenarten, welche zwischen beiden Extremen in der Mitte stehen, halten auch in ihren Eigenschaften die Mitte, sind jedoch leichtflüssiger; daher sucht man das Roheisen ge-

wöhnlich in einem solchen mittlern Zustande, der sich jedoch dem des dunkelgrauen mehr nähert, darzustellen. Ein solches Roheisen, welches unter dem Namen des halbirten bekannt ist, ist wegen seines dünnen Flusses zum Gießen vorzüglich geeignet, frischt auch leichter als das ganz dunkelgraue, und giebt ein eben so gutes Stabeisen. Es ist hier jedoch nur von einem Roheisen, das blos aus reinem Eisen und Kohlenstoff besteht, die Rede.

3) Durch Verbindung des Eisens mit andern Stoffen. Die meisten Stoffe, welche mit dem Eisen überhaupt in Verbindung treten können, besitzen die Eigenschaft, die Abscheidung des Graphits, jedoch in verschiedenen Graden, zu hindern, oder die Verbindung des reinen Eisens mit dem gekohlten Eisen zu befestigen. Indem dies aber in verschiedenen Graden geschieht, (daß also durch einige Substanzen eine größere Menge gekohlten Eisens mit einer gleichen Menge reinen Eisens verbunden werden kann, als durch andere, ohne als Graphit bei langsamer Abkühlung auszuscheiden,) und indem das Aufhören der Absonderung des Graphits bei mehreren dieser Verbindungen keinesweges mit dem Erstarren des Eisens zusammentrifft, müssen wir einen verschiedenen Grad der Innigkeit der Verbindung des reinen und gekohlten Eisens, welches durch die dritte Substanz vermittelt wird, erkennen. Die Erhöhung der Innigkeit der Verbindung zwischen reinem und gekohltem Eisen durch eine dritte Substanz setzt aber schon einen gewissen Grad der Neigung zur

Verbindung zwischen beiden, ohne das Hinzukommen dieser Substanz, voraus, und hierin müssen wir den Grund erkennen, weshalb durch langsames Abkühlen einer Verbindung aus reinem und gekohltem Eisen, auch wenn die Ausscheidung des Graphits nicht durch die Erstarrung der Massen ihre Grenzen fände, dieselben doch irgendwo aufhören müßte, ohne daß das Gemisch vollständig in reines Eisen und Graphit zerlegt würde. Die Menge des gekohlten Eisens, welche auf diese Weise mit dem reinen Eisen verbunden bleiben würde, und welche wirklich mit ihnen verbunden bleibt, wenn das Roheisen anhaltend im Feuer behandelt wird, ist indeß zu geringe, um den Charakter des reinen Eisens auf eine entscheidende Weise abzuändern. Wo wir also eine solche unter verschiedenen Verhältnissen so viel als möglich dauernde Veränderung des wesentlichen Charakters des reinen Eisens durch das gekohlte Eisen beabsichtigen, wie z. B. beim Stahl, da müssen wir die Verbindung des reinen und gekohlten Eisens durch eine dritte Substanz zu befestigen suchen; daher läßt sich guter Stahl, wenn derselbe unmittelbar aus Roheisen bereitet werden soll, nur aus einem solchen Roheisen darstellen, welches, ungeachtet eines bedeutenden Gehalts an gekohltem Eisen, auch bei langsamen Abkühlen seine weiße Bruchfarbe behauptet, und welches, wie wir eben gesehen haben, ebenfalls eine dreifache Verbindung aus reinem und gekohlten Eisen und eine dritte Substanz darstellt. Wir wollen nun den Einfluß verschiedener solcher Substanzen, so weit die vorhande-

nen unvollständigen Erfahrungen reichen, etwas näher erörtern:

a) Roheisen mit Erdbasen. Obgleich die Grundlagen der Erden, wenn sie im Roheisen enthalten sind, die Ausscheidung des Graphits nicht so kräftig hindern, als andre Substanzen, so besitzen sie diese Eigenschaft doch in einem merklichen Grade, und wir werden jedesmal finden, daß Roheisen bei gleichem Gehalte von Kohlenstoff um so lichter an Bruchfarbe (nach gleich vorsichtiger Abkühlung) erscheint, je mehr es Grundlagen der Erden enthält. Wir werden auch weiter unten sehen, daß Erdbasen dienen können, um die Verbindung zwischen Eisen und Kohlenstoff bei einigen Stahlarten zu befestigen. Welche Erdbasen überhaupt mit dem Roheisen in Verbindung treten, und welche Eigenschaften dieses sowohl, als das daraus bereitete Stabeisen dadurch erhält, wird sich erst dann mit einiger Zuverlässigkeit bestimmen lassen, wenn wir erst mehrere sorgfältige und zuverlässige Analysen von Roheisenarten besitzen, deren Verhalten wir kennen.

Nach Beobachtungen im Großen lassen sich vorläufig folgende Vermuthungen aufstellen: Silicium, Alumium, Calcium und Barium treten mit dem Eisen in Verbindung, und machen sämmtlich das Roheisen spröde, die beiden ersten auch das Stabeisen, und das Silicium wahrscheinlich in noch höherm Grade, als das Alumium. Cal-

cium scheint dem Stabeisen den sogenannten Faulbruch mitzutheilen, auch hat das Eisen aus Beschickungen, in denen die Kalkerde im hohen Grade verwettert, die Eigenschaft, im Frischfeuer eine sehr strengflüssige und sich schwer von Eisen trennende Schlacke zu geben, welche vielleicht mit dem Faulbruch zusammenhängt. Am besten wird diesem Uebel durch einen geringen Zusatz von Quarzsand abgeholfen. Die Eigenschaften, welche das Barium dem Eisen mittheilt, sind um so schwieriger zu bestimmen, als dasselbe nur durch Schwerspath in einigen Fällen in die Beschickung gebracht wird, und man daher ungewiß bleibt, ob man die Eigenschaften, welche das Eisen solcher Beschickungen auszeichnen, dem Barium, oder dem aus der Schwefelsäure des Schwerspaths reducirten Schwefel zuschreiben soll. In so fern jedoch die Eigenschaften des aus schwerspathhaltigen Beschickungen doch etwas von denen des Eisens aus schwefelkieshaltigen Beschickungen abweichen, läßt sich vermuthen, daß auch das Barium des Roheisens faulbrüchig und das Roheisen sehr dickflüssig macht.

b) Roheisen mit Phosphor. Auch der Phosphor besitzt die Eigenschaft, die Abscheidung des Graphits aus dem Roheisen beim langsamen Erkalten zu hindern, nicht in sehr hohem, aber doch in merklichem Grade, da auch das phosphorhaltige Roheisen bei gleichem Kohlenstoffgehalte eine

lichtere Bruchfarbe annimmt, als außerdem; doch gestattet der Phosphor dem Roheisen, wenn sich dasselbe mit der gehörigen Menge Kohlenstoff verbinden kann, mit ziemlich dunkelgrauer Bruchfarbe zu erscheinen, und ein solches Roheisen ist dann für die Gießerei ziemlich gut geeignet. Daß der Phosphor das Stabeisen kaltbrüchig macht, ist bekannt, doch darf man nicht umgekehrt aus der Eigenschaft des Kaltbruchs auf Phosphorgehalt schließen, da derselbe auch durch andere Substanzen veranlaßt werden kann, z. B. wahrscheinlich durch Chrom.

c) Roheisen mit Schwefel. Von dieser Verbindung gilt ebenfalls, was von der mit Erdbasen und Phosphor gesagt wurde; das mit Schwefel verbundene Roheisen erscheint bei hinreichendem Kohlenstoffgehalt zwar mit grauer Bruchfarbe, die jedoch etwas lichter ist, als wenn bei gleichem Kohlenstoffgehalt der Schwefel fehlt. Einmal habe ich jedoch Gelegenheit gehabt, die Entstehung eines Roheisens zu beobachten, welches mit einer solchen Menge Schwefel überladen war, daß es, bei völligem Gaargange des Ofens, und unter Umständen, wo es eine bedeutende Menge Kohlenstoff aufnehmen konnte, mit weißer Bruchfarbe erschien. Dieses Eisen unterscheidet sich von dem weißen manganhaltigen Roheisen wesentlich, und ich werde seine Eigenschaften kurz angeben: es hat eine deutliche Nei-

gung zum Krystallisiren, die jedoch nicht so auffallend hervortritt, als bei manganhaltigen Roheisen. Es ist sehr dünnflüssig, erstarrt aber äußerst schnell; beim Gießen fährt es, wie Quecksilber, in vielen einzelnen Kügelchen aus einander, welche sich zwar wieder sammeln und mit der Hauptmasse verbinden, zwischen denen aber unzählige, sogenannte Näthe sichtbar bleiben. Schon diese Eigenschaft würde das Eisen zur Gießerei ganz untauglich machen, es ist aber auch außerordentlich spröde, und zerspringt bei dem Erkalten auf dem Heerde. Der Bruch dieses Roheisens zeigt ein krystallinisches Gefüge, ist dicht, nicht löcherig, und frei von blasenförmigen Räumen; wenn das Roheisen kalt zersprengt worden ist, ist der Bruch silberweiß und stark glänzend; das während des Erstarrens, jedoch in noch sehr heißem Zustande, von selbst gesprungene Roheisen zeigt auf dem Bruche die gewöhnlichen Anlauffarben; beim Erkalten schwindet es nicht.

Die Eigenschaft des Schwefels, das Stabeisen rothbrüchig zu machen, ist bekannt, doch darf man nicht umgekehrt von Rothbruch auf Schwefelgehalt schließen, da diese Eigenschaft auch durch andre Beimischungen entstanden sein kann, z. B. wahrscheinlich durch Arsenik.

d) Roheisen mit Mangan. Das Mangan besitzt die Eigenschaft, die Entstehung des Graphits zu hindern, auf eine ausgezeichnete Weise; theils

aus diesem Grunde, theils weil die bisher betrachteten Substanzen sämmtlich dem Eisen schädliche Eigenschaften mittheilen, und nur bei einem fehlerhaft geleiteten Hüttenprozesse in bedeutender Menge mit dem Roheisen in Verbindung treten können, das manganhaltige Roheisen aber sowohl ein sehr gutes Stabeisen, als auch besonders einen vorzüglichen Stahl giebt, also häufig absichtlich dargestellt wird, kennt man die Eigenschaften des weißen Roheisens, welches seine weiße Bruchfarbe dem Mangangehalt verdankt, weit vollständiger, als die der bisher betrachteten Roheisenarten; die wesentlichsten derselben sind folgende: Ist dieses Roheisen bei vollständigem Gaargange entstanden, hat es daher Gelegenheit gehabt, eine bedeutende Menge Kohlenstoff aufzunehmen (welche eben so ansehnlich sein kann, als in den dunkelsten Abänderungen des grauen Roheisens), so erscheint es auf dem Bruche mit silberweißer Farbe, welche zugleich große spiegelnde Flächen zeigt, die in der, diesem Eisen eignen, großen Neigung zur Krystallisation ihren Grund haben. Diese Neigung zeigt sich am deutlichsten in den zuweilen an der Oberfläche des Eisens und in drusenförmigen Höhlungen sich zeigenden, aus Tafeln zusammengesetzten Krystallgruppen. Erkaltet dies Roheisen unter einer Schlackendecke, wobei es nicht merklich schwindet, so erscheint die Oberfläche glatt, läßt jedoch ein gestricktes Gefüge erkennen, die Schlacke trennt

sich leicht von derselben, und springt während des Erkaltens mit Gewalt und Geräusch von selbst ab. Säuren greifen das Eisen ungleich an, und lassen das krystallinische Gefüge deutlicher erkennen. Durch äußere Gewalt springt dieses Roheisen leicht, doch selten freiwillig beim Erkalten; wird demselben aber eine, graues Roheisen gebende Beschickung in solchem Verhältniß zugesetzt, daß die weiße Bruchfarbe im Begriff ist, stellenweise in die graue überzugehen, so gewinnt das Eisen, ohne an Härte wesentlich zu verlieren, einen hohen Grad von Festigkeit gegen äußere Gewalt, und ist dann das beste Material zu manchen Gattungen von Gußwaaren, z. B. zu Ambossen. Wird die, graues Roheisen gebende Beschickung in noch größerem Verhältniß zugesetzt, so tritt die graue Bruchfarbe in der Regel nur stellenweise hervor, indem der Bruch übrigens weiß bleibt. Gewöhnlich bildet das graue Roheisen Körner im weißen, oder umgekehrt das letztere im ersten, welche dann jedoch minder deutlich erscheinen. Seltener legt sich weißes und graues Roheisen in zwei deutlich getrennten Schichten über einander. Das kohlenstoffreiche manganhaltige Roheisen ist ferner ziemlich dünnflüssig, und bleibt ziemlich lange flüssig, jedoch bei weitem nicht so lange, als das graue Roheisen; auch erstarrt das manganhaltige Roheisen, wenn es bis zu einem gewissen Grade

abgekühlt ist, viel plötzlicher, und es scheint dieser Erstarrung eine Art von Gewinnung voraus zu gehen, so daß das Roheisen in diesem Zustande ein heterogenes Gemenge fester und flüssiger Theile darstellt. Geht der Gaargang des Ofens nach und nach in Rohgang über, nimmt also das Roheisen allmählig weniger Kohlenstoff auf, so verschwinden zunächst die Krystallgruppen, die spiegelnden Flächen auf dem Bruche werden etwas kleiner, und das gestrickte Gefüge auf der Oberfläche des Roheisens, wenn dasselbe unter einer Schlackendecke erkaltet, tritt wieder deutlich hervor, und verschwindet bald ganz. Nimmt der Kohlenstoffgehalt noch weiter ab, so verschwinden die spiegelnden Flächen auf dem Bruche immer mehr, und endlich ganz, zugleich macht die silberweiße Bruchfarbe einer mehr schmutzigen Platz; endlich entstehen im Innern des Eisens blasenförmige Höhlungen, die Oberfläche des Eisens wird rauh, und die Schlackendecke, wenn das Eisen unter einer solchen erkaltet, haftet fest am Eisen, und ist nur gewaltsam und mit vieler Mühe ganz davon zu trennen. Außerdem wird das Eisen, je mehr der Kohlenstoffgehalt abnimmt, immer dickflüssiger, und erstarrt sehr schnell. Die Strengflüssigkeit des Eisens nimmt, wenn der Rohgang einen hohen Grad erreicht, so zu, daß sich verstarrte Massen im Heerde des Ofens festsetzen, sich nach und

nach vergrößern und der Fortsetzung des Schmelzens Gefahr drohen *).

e) Roheisen mit andern Metallen. Unsere unvollkommene Kenntniß der Legirungen des Eisens mit andern Metallen gestattet über diesen Gegenstand nur wenig Befriedigendes zu sagen, zumal da wir die Rolle nicht kennen, welche der Kohlenstoff bei diesen Verbindungen spielt, und daher in den meisten Fällen außer Stande sind, zu beurtheilen, in wie fern sich Roheisen zu solchen Legirungen anwendet, als Roheisen, in welches andre als die bisher betrachteten metallischen Substanzen aus den natürlichen Verbindungen des Eisens übergegangen sind, anders verhalten würde,

---

*) Diese sich festsetzenden starren Massen sind jedoch nicht mit dem sogenannten Frischeisen zu verwechseln, welches bei der Verarbeitung ganz manganfreier Beschickungen, und beim Gaargange des Ofens, sich an den Gestellwänden, besonders über der Form, als geschmeidiges Eisen ansetzt. Die Bildung dieses letztern, über welche unsre Schriften über Eisenhüttenkunde nur zu leicht hinwegschlüpfen, gehört in der That zu den auffallendsten und am schwierigsten zu erklärenden Erscheinungen bei den Eisenhüttenprozessen. Wahrscheinlich wird durch eine galvanisch elektrische Einwirkung der, gewöhnlich aus Sandstein bestehenden Gestellwände auf das kohlenstoffreiche Roheisen, in dem letzten, so weit sich die Berührung erstreckt, eine Oxydationstendenz hervorgerufen, wodurch der Kohlenstoff ausgeschieden wird, und sich das Eisen im geschmeidigen Zustande an die Gestellwände anlegt.

als dieselben Legirungen mit weichem Eisen. Die Resultate der von verschiedenen Hüttenkundigen über diesen Gegenstand angestellten Versuche sind übrigens auch unter einander so abweichend, und mitunter sich geradezu widersprechend, daß wir über ihre Zuverlässigkeit bis auf weitere Bestätigung nothwendig zweifelhaft bleiben müssen. Wer hierüber weitere Belehrung wünscht, wird sie in Karstens Handbuche der Eisenhüttenkunde finden, wo besonders über den Einfluß des Zinks auf Roh- und Stabeisen, sehr belehrende Erfahrungen mitgetheilt sind. Die meisten (jedoch nicht alle) Verbindungen der übrigen Metalle mit dem Eisen scheinen indeß mit den bisher betrachteten Verbindungen die Eigenschaft gemein zu haben, daß sie die Abscheidung des Graphits aus dem Roheisen hindern, und daher mehr oder minder zweckmäßige Zusätze bei der Stahlbereitung geben. Vorzüglich interessant sind in dieser Hinsicht die Versuche von Fischer (zu Schafhausen) über die Verbindung des Stahls mit Kupfer (in seinem gelben Gußstahl, der davon $\frac{1}{4}$ enthalten soll), die Versuche von Stodart und Faraday über die Legirung des Stahls mit sehr wenig Silber (etwa 0,2 p. c.), welche von Fischer wiederholt und bestätigt gefunden sind (m. s. Gilberts Annalen Jahrgang 1821, St. 11), die Versuche derselben über die Verbindung des Rhodiums mit dem Stahl, und die Versuche von Berthier über die Verbindung des Eisens

sens und Stahls mit Chrom (m. s. dieserhalb Annales de Chemie et Physique T. XVII. und Karstens Archiv für Bergbau und Hüttenwesen Th. 2.). Ueberhaupt ist es bei allen Verbindungen des Eisens mit andern Substanzen sehr merkwürdig, daß eine äußerst geringe Menge der letztern oft im Stande ist, die Eigenschaften des Eisens wesentlich zu ändern. Als Beispiel führe ich das Blei an; die Metallurgen, welche Versuche über die Legirungen des Eisens mit andern Metallen angestellt haben, scheinen darüber einig zu sein, daß Eisen und Blei sich nicht verbinden; gleichwohl ist es Thatsache, daß ein Stück von einigen Lothen metallisches Blei, in den mit Roheisen gefüllten Heerd eines Hohofens gebracht, das letztere dünnflüssiger macht, was doch wohl auf eine Verbindung beider Metalle deutet. Erwägt man aber, daß auf diese Weise die ganze Roheisenmasse höchstens mit 0,05 Prozent Blei verbunden werden kann, so kann es auf der einen Seite nicht befremden, wenn ein so geringer Gehalt den Analysen entgeht, auf der andern Seite aber wird man den merklichen Einfluß dieser äußerst geringen Menge von Blei bewundern müssen.

10.

In welchem Verhältniß Eisen und Kohlenstoff sich verbinden, um gekohltes Eisen darzustellen, ist noch nicht aus-

gemittelt. Nehmen wir indeß der Erfahrung gemäß an, daß Krystallisation bei Verbindungen chemisch-differenter Stoffe nur da Statt findet, wo das Streben nach chemischer Einigung befriedigt ist, so dürfen wir hoffen, durch sorgfältige Analysen des krystallisirten weißen Roheisens, das Verhältniß beider Bestandtheile zu entdecken; es ist jedoch dabei zu berücksichtigen, daß das weiße Roheisen wahrscheinlich so wenig als das graue eine homogene Masse darstellt, sondern das erstere, in so fern es blos als aus Eisen und Kohlenstoff bestehend betrachtet wird, eine mit vollständig ausgebildetem gekohlten Eisen gemengte Mischung aus diesem und reinem Eisen, das letztere aber unter derselben Voraussetzung eine mit Graphit gemengte Mischung des gekohlten Eisens mit reinem Eisen ist. Es dürften also zu dieser Untersuchung nur reine, von den übrigen Eisenmassen sorgfältig getrennte Krystalle angewendet werden. Ferner wäre nicht zu übersehen, daß jedes weiße Roheisen, welches auch bei langsamen Erkalten seinen weißen Bruch behält, eine dreifache Verbindung aus Eisen, Kohlenstoff und einer dritten Substanz ist, eine solche werden also auch die Krystalle sein, und es könnte diese dritte Substanz, je nachdem sie selbst verschieden wäre, wohl auch Einfluß auf das quantitative Verhältniß der Bestandtheile überhaupt haben. Mehrere vergleichende Analysen, in Verbindung mit stöchiometrischen Untersuchungen, würde indeß wohl zur Kenntniß des Verhältnisses der Bestandtheile des reinen gekohlten Eisens führen.

11.

In dem Vorhergehenden glaube ich nun meine Ansichten über das Wesen des Roheisens, besonders über das Roheisen mit weißem Bruche, welches diese Farbe auch bei langsamen Erkalten behauptet, hinlänglich entwickelt zu haben; das gute Stabeisen ist nach der übereinstimmenden Meinung aller Hüttenkundigen, ein in dem Sinne reines Eisen, daß die etwanigen Nebenbestandtheile, insbesondere etwas Kohlenstoff, in zu geringer Menge vorhanden sind, um die wesentlichsten Eigenschaften des reinen Eisens aufzuheben, und gegen diese Meinung dürfte sich auch wohl nichts Erhebliches einwenden lassen. Treten andre Substanzen in solcher Menge mit dem Eisen in Verbindung, daß die Eigenschaften desselben zwar wesentlich abgeändert, und (da die meisten Substanzen, welche mit dem Eisen verbunden vorkommen, seine Güte verringern) seine Anwendung beschränkt werden, dasselbe aber doch zu den meisten Zwecken brauchbar bleibt, so bezeichnen wir die Eigenschaften, welche das Eisen durch die fremdartigen Substanzen erhalten hat, durch besondre Benennungen, als: rothbrüchiges, kaltbrüchiges ꝛc. Stabeisen. Die Gründe dieser Eigenschaften haben wir schon oben, wenigstens zum Theil, kennen gelernt. Die Eigenschaften des Eisens, werden indeß durch die für dieselben geschaffenen Benennungen, Rothbruch, Kaltbruch, Rohbruch, Faulbruch ꝛc. keineswegs erschöpft; es giebt vielmehr deren eine so große Mannigfaltigkeit, daß ausgebreitete und unter den mannigfaltigsten Verhältnissen gesammelte Erfahrungen allein im Stande sind, mit denselben einigermaßen bekannt zu machen. Man wird es daher um so weniger er-

warten, diese Eigenschaften hier weiter entwickelt zu finden, da mein gegenwärtiger Zweck vorzüglich dahin geht, etwas zur Aufklärung der Verschiedenheit des Eisens in seinen Hauptzuständen beizutragen, wozu die Betrachtung derjenigen Verbindungen genügt, welche dazu beitragen, den eigentlichen Charakter dieser Hauptzustände zu begründen. Da indeß alle diejenigen Substanzen, in welchen wir Ursachen der Hauptzustände des Eisens erkennen müssen, dem Eisen auch jene andern, minder auffallenden Eigenschaften ertheilen, schien es nöthig, diese letzteren wenigstens anzudeuten.

Wir haben nun noch das Eisen in dem Zustande des Stahls näher zu betrachten. Der Stahl ist, nach den darüber vorhandenen Analysen, eine Verbindung des Eisens mit Kohlenstoff, und der letztere hat an den unterscheidenden Merkmalen des Stahls ohne allen Zweifel wesentlichen Antheil. Der Stahl erscheint zwar auf dem Bruche mit grauer Farbe, indeß ist die Farbe sowohl, als das Gefüge, von ganz andrer Art, als beim grauen Roheisen; auch beobachten wir beim Stahl keine eigentliche Absonderung von Graphit; wir müssen daher den Stahl, wie das weiße Roheisen, als eine Verbindung von gekohltem Eisen mit reinem Eisen betrachten. Das weiße Roheisen ist jedoch, wie wir oben gesehen haben, jedesmal eine dreifache Verbindung, und wir haben daher Grund anzunehmen, daß auch der Stahl eine solche dreifache Verbindung sein werde, wenn diese Voraussetzung nicht gegen die vorhandenen Analysen streitet. Nicht alle Analysen, welche wir über Stahlarten besitzen, weisen nun zwar in demselben außer dem Eisen und Kohlenstoffe noch eine dritte Substanz nach, welche Mangan, oder ein andres Me-

tall, oder die Grundlage einer Erde sein könnte; auch schien es, daß der Cementstahl, aus reinem Eisen (in dem oben bezeichneten Sinne) mit reiner Kohle bereitet, wohl nichts als Eisen und Kohlenstoff enthalten könnte, bis Berzelius zeigte, daß Eisen, welches mit Kohlenstoff und Kieselerde cementirt wird, außer dem Kohlenstoff auch Silicium aufnimmt, und neuerlich ist Berthier so weit gegangen, den eigentlichen Charakter des Cementstahls gar nicht in den Kohlenstoff, sondern in das Silicium zu setzen. Auch die Faraday'schen Erfahrungen über den Wootz und dessen Nachbildung durch Alumium, lassen wohl über den Einfluß der Erdbasen bei der Stahlbildung keinen Zweifel. Wollten wir indeß den frühern Analysen, welche keinen Stoff außer Eisen und Kohlenstoff in manchen Arten nachweisen, unbedingtes Vertrauen schenken; so würden wir wenigstens annehmen müssen, daß nicht jeder Stahl eine dreifache Verbindung sei. Dagegen läßt sich jedoch erinnern, daß einige dieser Analysen in einer besondern Absicht angestellt worden sind (einige namentlich um zu sehen, ob das Mangan ein nothwendiger Bestandtheil des Stahls sei) und daß überhaupt eine geringe Menge von Erdbasen, ehe man ihren Einfluß kannte, leicht unbeachtet bleiben konnte. So lange also, bis weitere genauere Analysen, welche bestimmt in der Absicht angestellt worden sind, über das Vorhandensein von Erdbasen, auch in kleinen Mengen, im Stahl zu entscheiden, uns einen Stahl kennen lehren, welcher außer Eisen und Kohlenstoff gar keine andere Stoffe enthält, glaube ich berechtigt zu sein, den Stahl als dreifache Verbindung, von Eisen, Kohlenstoff und einer dritten Substanz,

zu betrachten. Was die Berthier'sche Ansicht betrifft, daß nicht Kohlenstoff, sondern die Grundlage einer Erde, und namentlich Silicium, den eigentlichen Charakter des Stahls, wenigstens in einzelnen Fällen, begründe, was derselbe durch das Beispiel des Clouet'schen Stahls zu beweisen sucht, der durch Cementation ohne Kohlenstoff dargestellt worden ist, und in welchem auch eine sorgfältige Analyse keinen Kohlenstoff aufgefunden hat; so halte ich diese Schlüsse auch noch nicht für entschieden, da die Versuche, auf welche Bezug genommen worden ist, nur im Kleinen angestellt, und an den erhaltenen Legirungen von Eisen und Silicium nur einige Eigenschaften des Stahls bemerkt worden sind, derselbe aber keiner weitern Bearbeitung unterworfen worden ist. Alle bis jetzt im Großen bereitete Stahlarten enthalten wenigstens gewiß Kohlenstoff, und ich glaube dieselben als dreifache Verbindungen wie das weiße Roheisen betrachten zu müssen. Hiernach würde also der Stahl dem weißen Roheisen am nächsten stehen, und in der That wird der Stahl, in so fern derselbe unmittelbar aus Roheisen dargestellt wird, nur aus weißem Roheisen bereitet. Wir gelangen demnach zu der Frage, „wodurch der Stahl vom weißen Roheisen unterschieden sei?" Die, den gewöhnlichen Ansichten am meisten entsprechende Beantwortung derselben: „durch eine geringere Menge von Kohlenstoff" dürfte wohl nicht genügend erscheinen, wenn erwogen wird, daß nach den bisher angestellten chemischen Analysen der kohlenstoffreichste Stahl dem kohlenstoffärmsten Roheisen, in Ansehung des Kohlenstoffgehaltes, sehr nahe steht, daß also (abgesehen davon, daß es bei der gerin-

gen Anzahl der Analysen nicht wahrscheinlich ist, daß gerade der kohlenstoffreichste Stahl und das kohlenstoffärmste Roheisen analysirt sein sollte, und also wahrscheinlich weißes Roheisen giebt, welches nicht mehr, vielleicht noch weniger Kohlenstoff enthält, als mancher Stahl) doch ein Uebergang von Roheisen zum Stahl bemerkt werden mußte, welches zwar in einigen Eigenschaften, (namentlich der Schmelzbarkeit, worin der kohlenstoffreichere Stahl sich dem kohlenstoffarmen Roheisen nähert, und dasselbe auch wohl erreicht,) keinesweges aber in Hinsicht aller, vorzüglich der Dehnbarkeit und des Gefüges, der Fall ist. Können wir aber den Unterschied des Roheisens vom Stahl nicht mit dem verschiedenen Kohlenstoffgehalt beider finden, so müssen wir eben so großes Bedenken tragen, denselben in Mangan und Erdbasen zu setzen, da die Analysen in Ansehung beider eben so verschiedene Resultate aufstellen, als in Hinsicht des Kohlenstoffs. Noch weniger können wir den Unterschied zwischen Roheisen und Stahl in andern Metallen, in Phosphor oder Schwefel sehen, da die ersten allemal nur zufällig sind, und die letzten als schädlich, so viel als möglich, entfernt werden. Damit sind aber die chemischen Verschiedenheiten, welche möglicher Weise zwischen Roheisen und Stahl Statt finden könnten, erschöpft, und wir gelangen demnach zu dem wichtigen Resultate, daß dieser Unterschied nur ein mechanischer sein kann. Diejenigen Leser, welche Bedenken tragen dürften, in diese Ansicht einzugehen, erlaube ich mir zunächst an ähnliche Erscheinungen zu erinnern, wie sie z. B. beim Zink Statt finden, welcher so spröde dargestellt werden kann, daß er sich pulvern läßt, und dennoch durch

angemessene, blos auf mechanische Weise auf das Gefüge desselben wirkende Behandlung einen hohen Grad von Dehnbarkeit annimmt. Wir könnten hier, da die Veränderung, welche einen beträchtlichen Unterschied der Temperatur in dem Gefüge der meisten Körper hervorbringt, so lange derselbe allein wirkt, doch auch nur ein mechanischer ist, eine sehr große Menge von Beispielen aufzählen, um die Möglichkeit einer blos auf mechanische Weise bewirkten Veränderung der Textur und ihren Einfluß auf Dehnbarkeit rc. zu beweisen; indeß wollen wir uns nur auf einen solchen Fall, wo der durch starken und plötzlichen Temperaturwechsel hervorgebrachte Unterschied ein bleibender ist, beschränken. Diese Erscheinung bietet aber der Stahl selbst (und manche ihm nahe stehende Eisenarten) auf eine ausgezeichnete Weise beim Härten desselben dar. Wir sehen demnach (beim Zink), daß es möglich sei, einem Metalle, durch bloße mechanische Veränderung seines Gefüges, Dehnbarkeit zu geben, und sehen ferner, daß die mechanische Veränderung des Gefüges dem Stahle sehr abweichende Eigenschaften ertheilt, welches beides in Verbindung mit der Schwierigkeit, die Verschiedenheit des Roheisens vom Stahl chemisch begründen zu können, für die eben aufgestellte Ansicht, daß diese Verschiedenheit eine blos mechanische sei, einnehmen muß; und wir wollen nur noch einige Erscheinungen bei der Darstellung und Verarbeitung des Stahls im Großen betrachten, welche sich mit unsrer Ansicht ebenfalls ungezwungener in Uebereinstimmung bringen lassen, als mit einer andern. Zuvor aber müssen wir auf die Innigkeit der Verbindung des Kohlenstoffs mit dem Eisen im weißen Roheisen

und im Stahl aufmerksam machen, um Einwürfen zu begegnen. Diese Innigkeit der Verbindung bestätigt aber schon die Erscheinung, daß zusammengesetzte Beschickungen, welche zum Theil weißes (kohlenstoffreiches), zum Theil graues Roheisen geben würden, sehr geneigt sind, ein Roheisen zu geben, wo man beide Arten auf dem Bruche deutlich unterscheidet; daß weißes und graues Roheisen gemeinschaftlich erfrischt zwar ein sehr dehnbares und geschmeidiges, aber nicht leicht ein ganz homogenes Stabeisen giebt; daß weißes (kohlenstoffreiches und manganhaltiges) Roheisen bei gleichem Kohlenstoffgehalt bei weitem schwerer frischt (obgleich viele Hüttenkundige das Gegentheil behaupten), als graues Roheisen; daß guter Stahl sich auf die mannigfaltigste Weise bearbeiten, zusammenschweißen (besonders bei wiederholtem Raffiniren, wobei das Gebläse so stark auf denselben einwirkt, daß ein sehr bedeutender Gewichtsverlust entsteht), ausschmieden, ablöschen ꝛc. läßt, und diese Operation sehr oft wiederholt werden könne, ohne daß der Stahl seine Natur verändert, und von seiner Güte verliert; daß endlich (bei der Bereitung des Dammastes) Eisen und Stahl zusammengeschweißt, gedrehet und gewunden, zusammengebogen, wiederholt von dem Gebläse behandelt und wieder zusammengeschweißt werden können, ohne daß sich der Kohlenstoff des Stahls dem Eisen mittheilt, vielmehr beides, wie man nach der Einwirkung von Säuren erkennt, auf das schärfste geschieden bleibt, und begrenzt erscheint.

Ich beziehe mich nun zunächst auf eine in Karstens Handbuche der Eisenhüttenkunde mitgetheilte Erfahrung, nach welcher weißes Roheisen durch öfteres Wärmen und

Ablöschen dehnbar wird, und sich sodann schmieden läßt. In wie fern das Ablöschen hierin bei manchem Roheisen nothwendig sei, lasse ich dahin gestellt sein, und bemerke nur, daß nach meinen eigenen Erfahrungen, durch öfteres Wärmen und im Anfange sehr vorsichtiges Schmieden und sehr leise Hammerschläge, manches weiße und kohlenstoffreiche Roheisen nach und nach dehnbar gemacht werden kann. Sehr denkbar ist es jedoch, daß das Ablöschen in so fern bei dieser Operation von wesentlichem Nutzen sein kann, als durch dasselbe die eigenthümliche Textur des Roheisens verhindert wird, wieder hervorzutreten.

Die Bereitung der Zieheisen bei manchen Drahtwerken bietet ebenfalls eine hierher gehörige Erfahrung dar: Man bearbeitet nämlich zunächst das Zieheisen aus geschmeidigem Eisen, in welchen man sodann vermittelst eines Setzhammers am oberen Ende eine kastenförmige Vertiefung anbringt, welche unter einer Thondecke mit weißem stahlartigen Roheisen voll geschmolzen wird. Vermittelst spitziger Durchschläge werden sodann die Zuglöcher auf der Eisenseite angesetzt, und bei gehörigem Hitzegrade nach und nach durch das Roheisen oder vielmehr den Stahl hindurchgetrieben. Schon die Möglichkeit, die Zuglöcher auf die angegebene Weise durch das Roheisen treiben zu können, deutet auf einen geringen Grad von Geschmeidigkeit, im höhern Grade zeigt sich dieselbe jedoch dadurch, daß, wenn die Zuglöcher sich durch den Gebrauch erweitert haben, sie durch Klopfen (selbst der kalten Zieheisen) auf der Stahlseite wieder vereinigt werden können, und am entschiedensten erkennt man die Geschmeidigkeit, wenn man das von allem Eisen

getrennte Stahlstück aus einem unbrauchbar gewordenen Zieheisen zusammenschweißen und ausschmieden sieht.

Eine beim gewöhnlichen Stahlmachen sehr häufig vorkommende Erscheinung ist es endlich, daß, wenn der Prozeß der Stahlbereitung beendigt ist, und der Stahlschrei aus dem Feuer und unter den Hammer gebracht wird, derselbe durch die Schläge des Hammers in Stücken zerfährt, so daß man gar keines Setzeisens bedarf, um den Schrei zu zertheilen. Diese Erscheinung beweiset hinlänglich, daß der Stahl in diesem Zustande noch keinesweges dehnbar genug ist, um sich schmieden zu lassen, sondern sich noch an das Roheisen anschließt; gleichwohl wird durch Zusammenschweißen der erhaltenen Stahlbrocken und wiederholtes Schmieden derselben ein sehr guter Stahl erhalten. Halten wir nun die zuletzt aufgestellten Erfahrungen, welche beweisen, daß weißes Roheisen und noch nicht geschmeidiger Stahl durch mechanische Mittel, und besonders durch sorgfältiges Schmieden, nach und nach geschmeidig gemacht werden können, mit den ersten zusammen, welche bei der großen Festigkeit der Verbindung des Kohlenstoffs mit dem Eisen im weißen Roheisen und im Stahl die Annahme der Ausscheidung von Kohlenstoff in den erwähnten Fällen nicht gestatten, so müssen wir wohl die mehr erwähnte Ansicht, daß weißes Roheisen und Stahl im Wesentlichen nur in Ansehung des Gefüges verschieden sei, wo nicht als entschiedene Thatsache, doch als sehr wahrscheinlich betrachten. Es darf jedoch dabei das Resultat der meisten Analysen, daß nämlich im Stahl noch im Allgemeinen weniger Kohlenstoff gefunden worden ist, als im weißen Roheisen, nicht befremden; denn obgleich

es wohl möglich sein würde, einen Stahl darzustellen, welcher eben so viel Kohlenstoff enthält, als das kohlenstoffreichste Roheisen, so nimmt doch ein solcher Stahl manche Eigenschaften, besonders eine zu große Leichtflüssigkeit, an, welche dessen absichtliche Darstellung nicht rathsam machen. Auch ist es sehr natürlich, daß der minder kohlenstoffreiche Stahl sich in seiner Natur mehr dem Stabeisen nähert, daß also derselbe leichter den Zustand der Geschmeidigkeit annehme, dazu weniger Vorsicht erfordere, mithin dessen Bearbeitung leichter sein wird. Auf der andern Seite hat man aber so manche Veranlassung, die Eisenschmelzöfen im Gaargange zu erhalten, oder sich demselben wenigstens mehr, als dem Rohgange zu nähern, also ein kohlenstoffreiches Roheisen darzustellen. Man wird daher bei Darstellung des Stahls, wie er gewöhnlich verlangt wird, aus dem Roheisen immer auf Abscheidung eines Theils Kohlenstoff hinarbeiten müssen, und daher ist es ohne Zweifel entstanden, daß man einen geringern Kohlenstoffgehalt im Stahl als im Roheisen für w e s e n t l i c h nothwendig und als charakteristisches Unterscheidungs-Merkmal zwischen beiden betrachtet hat.

12.

Jede berichtigte Ansicht über den Hergang bei einem chemisch-technischen Prozesse ist an sich schon ein wesentlicher Gewinn, auch für die Praxis, und ich zweifle daher nicht, daß sich aus dem Obigen für die bisherigen Methoden der Stahlbildung Nutzen ziehen lasse; oft aber machen solche berichtigte Ansichten auch ganz neue Ideen rege, welche wesentliche Veränderungen der bisherigen, oder

ganz neue Prozesse veranlassen können, und ich glaube daher meinen Lesern einen nützlichen Dienst zu leisten, wenn ich in beider Hinsicht, aus dem Obigen noch einige Folgerungen herleite.

Ist der Stahl eine dreifache Verbindung aus Eisen, Kohlenstoff und einer dritten Substanz, welche das Band zwischen den beiden erstgenannten Stoffen fester knüpft, so läßt sich doch nicht wohl erwarten, daß diese dritte Substanz, außer der Befestigung des Bandes zwischen den beiden ersten, an sich selbst auf die Eigenschaften der Verbindung ganz ohne Einfluß sein sollte. Wir müssen demnach auf die verschiedenen Eigenschaften aufmerksam werden, welche den Stahl auszeichnen, nicht nur je nachdem derselbe mehr oder weniger Kohlenstoff, sondern je nachdem er außer demselben noch Mangan, oder Silicium, oder Alumium, oder Verbindungen dieser Substanzen, oder auch wohl andre Metalle enthält. Hier bietet sich nun ein weites Feld für künftige Erfahrungen dar, deren Wichtigkeit sich gar nicht im Voraus vollständig beurtheilen, aber nach den Faradey'schen Untersuchungen doch einigermaßen ahnen läßt. Wir sehen insbesondere daraus, daß das Alumium in gehörigem Verhältniß dem Stahl einen sehr hohen Grad von Härte mittheilt, ohne dessen übrige Eigenschaften zu beeinträchtigen, und daß auch eine geringe Menge Silber den Stahl zu verbessern vermag. Wie sich aber das Silicium, eben so wie das Alumium angewendet, verhalten würde, ist noch durch keinen directen Versuch entschieden, obgleich sich das erstere in vielen hüttenmännisch dargestellten Stahlarten findet, und ohne Zweifel besonders im Cementstahl eine wichtige Rolle spielt.

Eben so sollte man auf ähnliche Weise, wie das Alumium, das Mangan, direct mit Stahl zu verbinden suchen, und auf die Eigenschaften des Productes achten. Die Versuche, welche Herr Oberstlieutenant Fischer zur Bestätigung der Faraday'schen angestellt hat, lassen vielleicht hoffen, daß dieser geschickte Hüttenkundige den betretenen Weg weiter verfolgen werde. Zugleich aber ist es nothwendig, sorgfältige Analysen der verschiedenen hüttenmännisch gewonnenen Stahlarten mit möglichster Unbefangenheit anzustellen und häufig zu wiederholen. Wir werden dadurch ohne Zweifel in den Stand gesetzt werden, manche Stoffe aufzufinden, deren Vorhandensein im Stahl man noch nicht kennt. Namentlich zweifle ich nicht, daß man auch das Silber in dem im Hennebergischen unmittelbar aus dem Roheisen bereiteten Stahl, und vielleicht in noch einigen andern Stahlarten und ohne Zweifel auch in manchem Stabeisen, auffinden wird. Unter den von Kamsdof (im Ziegenrücker Kreise des Regierungsbezirkes Erfurt) erfolgenden Eisensteinen, welche das Hauptmaterial des hennebergischen Stahls ausmachen, giebt es einige, bei deren Verschmelzung zu Roheisen einzelne Silberkörner im Schachte der Blauöfen hängen bleiben; es läßt sich daher erwarten, daß ein Theil des Silbers auch in das Roheisen, und aus demselben in die daraus bereiteten Eisen- und Stahlproducte übergehen werden, und daß das Silber auch wohl Antheil an der Güte derselben hat.

Ist der Stahl von weißem Roheisen im Wesentlichen nur durch eine mechanische Veränderung der Structur verschieden, aber gleichwohl eine Verminderung seines Kohlenstoffgehaltes nothwendig, nicht um den eigenthümlichen Cha-

rakter des Stahls zu begründen, aber um demselben Eigenschaften mitzutheilen, welche seine Brauchbarkeit erhöhen, so kann man sich zwar von der Idee, das weiße Roheisen blos durch geschickte mechanische Behandlung in Stahl zu verwandeln, obgleich sie an sich wohl ausführbar sein möchte, doch keinen großen praktischen Nutzen versprechen, wohl aber könnte man durch Zusammenschmelzen von weißem Roheisen mit geschmeidigem Eisen (wozu man sich der Abgänge, als Blechabschnitte, Bohr-, Dreh- und Feilspäne ꝛc. bedienen könnte) auf eine ökonomisch vortheilhafte Weise und mit Vermeidung des bei den gewöhnlichen Stahlbereitungsprozessen Statt findenden sehr starken Eisenabgangs vielleicht eine Stahlbereitung, dessen Brauchbarkeit sich durch angemessene Zusätze auch wohl noch erhöhen ließen, wenn die Darstellung desselben nicht vielleicht an der Schwierigkeit, reines Eisen mit weißem Roheisen oder Stahl zu verbinden, scheitert. Es scheint mir indeß doch der Mühe werth zu sein, hierüber unter Anwendung von sehr hohen Temperaturen Versuche anzustellen, wozu die Besitzer von Gußstahlfabriken am ersten im Stande sein würden.

III.

Einige Bemerkungen über den Eisenfrischprozeß.

1.

Es ist nicht meine Absicht, in dem Folgenden eine vergleichende Beschreibung der bisher gebräuchlichen Eisenfrischprozesse, oder auch nur eine erschöpfende Darstellung eines einzelnen derselben zu liefern, sondern nur einige Ansichten mitzutheilen, welche mir einer öffentlichen Prüfung und Beachtung nicht unwerth scheinen.

Wir haben oben gesehen, welchen wichtigen Einfluß die Schlackenbildung bei der Darstellung des Roheisens hat, und wir dürfen daraus den Schluß ziehen, daß auch bei dem Frischprozesse die Schlackenbildung eine nicht unwichtige Rolle spielen werde. Eine sorgfältige Beachtung der Entstehungsweise der Frischschlacke wird uns aber auch mehr Licht über die eigentliche Natur und über die Verschiedenheit der Arten derselben verschaffen, und, zusammengehalten mit directen Erfahrungen über das Verhalten der Frischschlacke bei ihrer Anwendung zu Hüttenprozessen, uns Wege zur zweckmäßigen Benutzung derselben zeigen.

2.

Die Frischschlacke bietet uns Eigenschaften dar, welche sie von der Hohofenschlacke wesentlich unterscheiden; indem die letztere, welche geschmolzen eine zähe, sich in feine Fä-

den ziehende Masse darstellt, sich durch die Art ihres Glanzes, durch den muschligen Bruch, durch ihre Elasticität, ihren Klang, ihre Durchsichtigkeit (wenigstens in dünnen Stükken), ihr elektrisches Verhalten ꝛc. den vollkommnen Gläsern anschließt; wogegen die letztere durch ihren geringen Grad, aber andere Art des Glanzes (sie ist von Metallglanz, jedoch gewöhnlich nur schimmernd), ihren ebenen, zuweilen faserigen Bruch, ihre völlige Undurchsichtigkeit, ihren geringen Grad von Elasticität, ihren dumpfen Ton, ihr elektrisches Verhalten, und ein weit beträchtlicheres specifisches Gewicht (worin sie selbst das Bleiglas übertrifft) wesentlich von den vollkommnen Gläsern sich unterscheidet ꝛc., und schon diesen Eigenschaften zu Folge zwischen den vollkommnen Gläsern und den regulinischen Metallen gewissermaßen in der Mitte zu stehen scheint.

3.

Der Zweck des Frischens ist bekanntlich die Verwandlung des Roheisens in geschmeidiges Eisen, und, in sofern der wesentliche Charakter des Roheisens durch den Kohlenstoffgehalt desselben begründet wird, die Abscheidung dieses Kohlenstoffgehaltes. Wir haben indeß Roheisen kennen gelernt (das weiße, welches bei einem bedeutenden Kohlenstoffgehalte dennoch seine weiße Bruchfarbe, auch bei langsamerem Abkühlen, behauptet), welches wir für eine dreifache Verbindung erkennen müssen; und überhaupt dürfte kein Roheisen ohne allen Gehalt an Erdbasen gefunden werden. Auch diese Erdbasen, und alle leichter oxydirbare Substanzen als das Eisen, sucht man durch den Frischprozeß durch Oxydation von dem Eisen zu scheiden, was aber

praktisch unmöglich ist, ohne zugleich einen Theil des Eisens selbst mit zu oxydiren. Es entstehen daher bei dem Frischprozesse außer den Oxyden des Kohlenstoffs, und vielleicht noch einigen andern flüchtigen Oxyden, welche gasförmig entweichen, noch andere feuerbeständige Oxyde, welche zu Frischschlacken zusammentreten.

Bei allen Metallen (das Wort im engern und ältern Sinne genommen) kennen wir mehrere Oxydationsstufen derselben; auch haben wir bei der Barypterde eine höhere Oxydationsstufe kennen gelernt, als die, auf welche sie gewöhnlich beharret; eine niedere Oxydationsstufe, als die, auf welche die Erden gewöhnlich beharren, haben wir aber noch bei keiner nachgewiesen. Sollten wir indeß, da wir doch die Erden als Metalloxyde erkennen müssen, nicht durch Analogie mit den übrigen, auch bei ihnen darauf geführt werden, mehrere Oxydationsstufen anzunehmen? Sollte nicht in der großen Verwandtschaft der Erdbasen zum Sauerstoff die Schwierigkeit liegen, die Erdbasen auf dieser niedrigen Oxydationsstufe zu erhalten, so wie es aus demselben Grunde schwer hält, sie im metallischen Zustande vor der Oxydation zu schützen? Sollte aber nicht ferner, eben so, wie wir die Erdbasen in Verbindung mit andern, minder leicht zu oxydirenden Metallen im regulinischen Zustande erhalten können, die niedern Oxyde der Erdbasen, mit den niedern Oxyden andrer Metalle verbunden, ebenfalls auf dieser niedern Oxydationsstufe erhalten werden können? Ich verkenne es zwar nicht, daß sich gegen diese Hypothesen auch manche Einwendungen machen lassen, unter andern die, daß wir keine Salze kennen, welche als Verbindungen niederer Erdbasenoxyde mit Säuren erkannt werden müßten, indeß wäre es

doch auch wohl möglich, daß die Entstehung solcher Salze durch die gar zu überwiegende Verwandtschaft zum Sauerstoff gehindert würde. Giebt es aber eine solche niedere Oxydationsstufe der Erdbasen, und finden Verbindungen solcher niedern Oxyde unter einander und mit andern niedern Metalloxyden Statt, so wird man nicht leugnen, daß bei der Entstehung der Frischschlacken Umstände zusammentreffen, welche die Entstehung solcher Verbindungen begünstigen müssen. Da wir nun oben gesehen haben, daß die Frischschlacke sich von den vollkommnen Gläsern wesentlich unterscheidet, und daß schon ihre äußern Eigenschaften auf einen Mittelzustand zwischen ihnen und den regulinischen Metallen hinweisen, so liegt die Voraussetzung sehr nahe, „daß die Frischschlacke eine Verbindung von Metalloxyden und Erdbasenoxyden, welche sich sämmtlich auf der niedrigsten Oxydationsstufe befinden, sein dürfte." Setzt man freilich voraus, daß jedes Glas eine Verbindung aus zweien (oder mehreren) Erden, Alkalien und Metalloxyden sei, welche sich zu einander verhalten wie Säure und Base, so würde nach dieser Hypothese aus lauter niedern Oxyden keine glasige Verbindung entstehen können, weil ein solches nicht als Säure thätig sein kann; da indeß auch regulinische Metalle sich verbinden können, bei welchen wohl ein elektrischer Gegensatz, aber doch auch kein Verhalten wie Säure und Base Statt finden kann, so wird sich die Möglichkeit einer Verbindung aus lauter niedern Oxyden wohl nicht bestreiten lassen. Man könnte zwar den unvollkommnen glasigen Zustand derselben aus dem Mißverhältniß der Bestandtheile, und namentlich aus der vorwaltenden Menge des Eisenoxyduls herleiten wollen, indeß soll-

ten sich doch wohl zuweilen Umstände ereignen, welche ein günstigeres Verhältniß der verglasenden Substanzen herbeiführten. Man bemerkt zwar wohl eine Verschiedenartigkeit der Frischschlacken unter solchen verschiedenen Umständen, aber doch niemals eine Annäherung an den vollkommnen glasigen Zustand.

Da es aber gleichwohl möglich ist, daß einerlei Metalle auf verschiedenen Oxydationsstufen, mit vollkommnen Gläsern in Verbindung treten können, wie die verschiedenen Farben, welche die Metalle unter verschiedenen Umständen den Gläsern mittheilen, beweisen: so müssen wir gleichwohl einen Uebergang jener unvollkommnen Gläser, in deren Kategorie die Frischschlacke gehört, in die vollkommnen annehmen, und dies berechtigt uns, die Frischschlacken, ungeachtet ihrer Verschiedenheit von den vollkommnen Gläsern, doch auch als Gläser zu betrachten, und, wiewohl mit Vorsicht, doch von dem Verhalten der vollkommnen Gläser auf das der Frischschlacken zu schließen.

4.

Wir wollen nun das Entstehen der Frischschlacken bei der Arbeit, und die Verschiedenheit derselben etwas näher ins Auge fassen, müssen jedoch zuvor bemerken, daß die Verschiedenheit der Frischschlacke theils von der Verschiedenheit des Frischprozesses, theils von der Periode der Arbeit, bei welcher sie entsteht, abhängt. Es würde nun viel zu weit führen, wenn wir bei der großen Mannigfaltigkeit der verschiedenen Frischprozesse die Schlackenbildung bei ihnen sämmtlich besonders betrachten wollten, es wird vielmehr genügen, nur die verschiedenen Schlacken bei der deutschen

Frischmethode näher zu betrachten, da dieselben eine hinlängliche Mannigfaltigkeit darbieten, so daß sich die übrigen Frischschlacken immer an eine der verschiedenen Arten, welche bei der deutschen Frischmethode entstehen, anschließen werden.

Die Schlackenbildung beginnt mit der Frischarbeit selbst, schreitet aber mehr oder minder schnell fort, je nachdem das Roheisen mehr gaar oder mehr roh schmelzt. Im Anfange der Frischarbeit, und bis zum ersten Aufbrechen, bildet sich die Frischschlacke in größerer Menge, und wird dem Fortgange der Arbeit hinderlich, muß daher abgestochen werden, was (bei der deutschen Frischmethode) nach dem ersten Aufbrechen in der Regel nicht mehr geschieht. Die zuerst entstehende sogenannte Rohschlacke unterscheidet sich im Aeußern durch einen weniger metallisch glänzenden, nur schimmernden, ebenen Bruch, durch blasenförmige Höhlungen im Innern, geringeres specifisches Gewicht, und eine dunklere rothe Glühfarbe, wenn sie abgelassen wird. Die später, und kurz vor dem ersten Aufbruche erfolgende sogenannte Gaarschlacke zeigt dagegen auf dem Bruche einen etwas lebhaften, jedoch immer nur schwachen Metallglanz, enthält weniger blasenförmige Höhlungen, und verräth oft Neigung zu einem strahligen Gefüge auf dem Bruche. Sie besitzt ferner ein größeres spec. Gewicht, und zeigt eine lichtrothe Glühfarbe beim Ablassen. Um die chemische Verschiedenheit der Frischschlacke zu bestimmen, bedürfen wir noch häufigerer Analysen derselben, indeß läßt sich schon im Voraus übersehen, daß die zuerst erfolgende Rohschlacke mehr leicht oxydirbare Substanzen und vorzüglich Erdbasen, die später erfolgende Gaarschlacke dagegen minder oxydirbare und besonders Eisenoxydul enthalten werden.

Da wir aber wissen, daß die Hohofenschlacke Kohlenstoff (ohne Zweifel auf einer niedern Oxydationsstufe) enthält, so dürfen wir wohl vermuthen, daß ein Gleiches auch bei der Frischschlacke, wenigstens bei der Rohschlacke Statt finden werde. Roh- und Gaarschlacke gehen durch allmählige Abstufungen, wie sich erwarten läßt, in einander über. Durch den Unterschied von Roh- und Gaarschlacke wird indeß die Verschiedenheit der Frischschlacke noch keinesweges erschöpft, es kommt vielmehr auch wesentlich auf die Verschiedenheit der Erdbasen und leicht oxydirbaren Metalle an, welche im Roheisen enthalten waren, und (nach der oben aufgestellten Ansicht auf der niedrigsten Stufe der Oxydation) in die Frischschlacken übergehen. Von dieser Verschiedenheit scheint vorzüglich die Leicht- oder Strengflüssigkeit der Frischschlacken abzuhängen, so wie auch die Verschiedenheit und das verschiedene quantitative Verhältniß der Erden bei den vollkommnen Gläsern die Leicht- oder Strengflüssigkeit derselben begründet. Es giebt äußerst dünnflüssige, sogenannte gierige Frischschlacken, deren Entstehung gewöhnlich Rohgang bewirkt, so wie es auf der andern Seite äußerst strengflüssige Frischschlacken giebt, welche sich sehr schwer vom Eisen trennen, und einen sogenannten dreieckigen Gang veranlassen. Diese Verschiedenheit der Frischschlacken, und ihr Einfluß auf den Frischprozeß selbst, harrt jedoch ganz vorzüglich einer fernern Aufklärung, die ihr nur vervielfältigte chemische Analysen gewähren können.

Wie oben bemerkt wurde, wird die Frischschlacke in der Regel nur bis zum ersten Aufbrechen abgelassen, indeß hört ihre Entstehung dann noch nicht auf, sondern dauert vielmehr so lange fort, als die Frischarbeit selbst; sie entsteht aber

nicht mehr in solcher Menge, um die Arbeit zu hindern, gewährt vielmehr wesentlichen Nutzen, und wird, wenn sie nicht von selbst entstehen will, oder um das Eisen, welches ihre Entstehung erfordern würde, zu erhalten, durch absichtlich zugesetzte Frischschlacken ersetzt. Das Eisen setzt sich nämlich, sobald es anfängt, in ganzen Massen zu erscheinen, und tropfenweise, oder in kleinen Brocken niederschmelzt, nicht in großen Massen dicht zusammen, sondern die kleinen Brocken lassen Höhlungen zwischen sich, welche, wenn keine Schlacken vorhanden wären, der Wind durchströmen, und die innere Oberfläche dieser Höhlungen mit einer Lage von Eisenoxydul überziehen würde. Durch diese im Innern des Deuls zerstreuten Lagen von Eisenoxydul würde aber demnächst die Vereinigung der einzelnen Eisenbrocken zu einer ganzen, dichten Masse verhindert werden. Während aber die sich bildende Schlacke diese Höhlungen durchzieht und sich durch dieselben langsam nach dem Boden des Feuers herabsenkt, verhindert sie theils den Wind in die von ihr erfüllten Höhlungen einzudringen, theils löst sie das etwa sich dennoch bildende Eisenoxydul auf, und erhält also beständig eine rein metallische Oberfläche dieser Höhlungen. Wird der Deul aus dem Feuer gebracht, so fließt die in seinen Höhlungen enthaltene Schlacke ab, und wird besonders beim Zängen herausgepreßt, und Stockschlacke genannt. In ihren Eigenschaften kommt diese Schlacke mit der Gaarschlacke überein. Auf der Auflösung des Eisenoxyduls durch Schlacke, welche das Eisen umgiebt und in seine Höhlungen eindringt, scheint vorzüglich der Unterschied sogenannter saftiger und trockener Hitze zu beruhen, so wie auch der Schweißsand auf analoge Weise wirkt.

Wir haben bemerkt, daß die Schlacke langsam durch die Höhlungen des Eisens nach dem Boden des Feuers sinkt, und nun noch Rechenschaft zu geben, was daselbst aus ihr wird. So lange die Schlacke noch in den Höhlungen des Eisens enthalten ist, wirkt eine weit höhere Temperatur auf dieselbe, als auf dem Boden des Feuers, wo sie noch außerdem von Zeit zu Zeit durch unter den Boden gelassenes Wasser vermindert wird. In den Höhlungen erhält sich daher die Schlacke flüssig, auf dem Boden des Feuers aber erstarrt sie. Durch die beständige Berührung mit dem über ihr befindlichen Eisen wird indeß der auf dem Boden herabgesunkenen Schlacke eine nahe an das Schmelzen grenzende Temperatur mitgetheilt und erhalten, welche in derselben eine ähnliche Veränderung hervorzubringen scheint, als das Glas bei seiner Verwandlung in Reaumur'schen Parzellen, und die Hohofenschlacke, welche auf flüssigem Roheisen und mit demselben zugleich langsam erkaltet, erfährt. Die Meinungen der Chemiker sind zwar über die Art dieser Veränderung getheilt, und einige wollen dieselbe nur für eine mechanische erkennen; da indeß das auf diese Weise veränderte Glas strengflüssiger ist, als das unveränderte, und in seinem chemischen Verhalten noch andre Verschiedenheiten zeigt, so scheint mir doch das chemische Band der glasigen Verbindung gelös't, und statt des chemischen Gemisches ein höchst inniges, mechanisches Gemenge hervorgebracht zu werden. Eine solche Veränderung scheint demnach die Frischschlacke, nachdem sie sich unter dem Eisen auf dem Boden des Feuers gesammelt hat, ebenfalls zu erfahren, und eine auf diese Weise veränderte Frischschlacke nennen wir Schwahl. Aeußerlich unterscheidet sich der Schwahl von der eigentlichen Frisch-

schla-

schlacke vorzüglich dadurch, daß er gar nicht als eine geflossene, sondern nur als eine zusammengesinterte Masse erscheint. Man könnte zwar veranlaßt werden, die Entstehung des Schwahls noch auf andre Weise zu erklären, (und in der That können uns über seine Natur und seine Verschiedenheit von der Frischschlacke nur chemische Analysen Gewißheit verschaffen, die wir indeß bis jetzt noch nicht besitzen,) z. B. durch die Aufnahme von einer größern Menge Eisenoxydul, und dadurch verminderter Schmelzbarkeit; allein es ist nicht einzusehen, wo dieses Eisenoxydul herkommen sollte, da man im Innern des Deuls niemals Schwahl findet, sondern nur unter demselben, oder durch die reducirende Wirkung der Kohlen; allein wir wissen, daß das Eisenoxydul auf der niedrigsten Stufe der Oxydation steht, also zum Theil in reguliniscnes Eisen verwandelt werden müßte, wenn eine solche Wirkung der Kohle Statt finden solle, was wir gleichwohl nicht finden.

5.

Im Obigen haben wir nur die Verschiedenheit und die Entstehung der Frischschlacke und ihre Uebergänge in einander betrachtet, und wenden uns nun zur Benutzung derselben. Bei der Hohofenschlacke ist das chemisch in ihr enthaltene Eisen so unbedeutend, daß eine Gewinnung desselben die Kosten nicht lohnen würde, man begnügt sich daher, nur die mechanisch ihr beigemengten Eisenkörner durch Pochen und Waschen zu scheiden, und die zerkleinten Schlacken selbst wie andern Sand, oder allenfalls zum Glasschmelzen zu benutzen. Mit der Frischschlacke verhält es sich dagegen anders; zwar enthält die Rohschlacke wenig Eisen, in Ver-

gleichung mit der Gaarschlacke, aber doch immer so viel, als mancher Eisenstein, und es wäre daher eine zweckmäßige Benutzung der Frischschlacken überhaupt sehr zu wünschen. Zwar wird die Gaarschlacke, der Schwahl und der Hammerschlag in der Regel bei der Frischarbeit selbst zugesetzt, allein es ist davon nach der Beschaffenheit des Roheisens bald mehr bald weniger erforderlich; oft fällt mehr Schlacke ab, als gebraucht wird, und oft wünschte man mehr Schlacken zusetzen zu können, als davon zu Gebote steht. Die Rohschlacke wird gewöhnlich bei der Roheisen-Erzeugung zugesetzt, doch gestattet ihr Einfluß auf den Schmelzgang, und auf die Beschaffenheit des Roheisens in der Regel nur einen geringen Zusatz. Man darf daher wohl behaupten, daß es noch an einer zweckmäßigen Benutzung der Frischschlacken, wenigstens der von der deutschen Frischmethode fehle. Bei andern Frischmethoden, besonders solchen, wo die Schlacke während der Arbeit gar nicht abgelassen wird, wie z. B. bei der Löschfeuermethode ist es anders; die Schlacke nimmt, eben weil sie während der ganzen Dauer der Arbeit mit dem heftig erhitzten Eisen in Berührung bleibt, mehr die Natur des Schwahls bei der deutschen Frischmethode an, (und in der That ist man wegen der Benutzung des Schwahls niemals verlegen,) welchen wir ebenfalls als eine durch anhaltende Berührung mit sehr stark erhitztem Eisen entglas'te Frischschlacke kennen gelernt haben. Die Frischschlacken von dieser Beschaffenheit (oder welche Namen sie sonst führen, als Sinter, Hammerlech ꝛc.) sind daher sehr zweckmäßige Zusätze, sowohl beim Frischen selbst, als bei der Roheisenerzeugung, und gestatten endlich auch eine besondere Benutzung (Sinterschmelzen). Die Löschfeuermethode und die ihr in

gedachter Hinsicht verwandten Frischmethoden verdienen daher wegen dieser zweckmäßigen Benutzung der Frischschlacken allerdings einen Vorzug vor der deutschen Frischmethode, stehen ihr jedoch sonst und im Allgemeinen weit nach. Diejenigen Hüttenkundigen, welche das Sinterschmelzen so allgemein empfohlen haben, scheinen den Unterschied zwischen den Schlacken von den verschiedenen Frischmethoden nicht ganz berücksichtigt zu haben.

In der eigenthümlichen Natur der Frischschlacke als glasige Verbindung, in der Beschaffenheit ihrer Bestandtheile und in der Möglichkeit ihrer Entglasung, welche wir bei der Verwandlung der Frischschlacke in Schwahl kennen gelernt haben, dürften wir nun die Gründe zur Erklärung des verschiedenen Verhaltens der Frischschlacke und ihrer verschiedenen Arten, und zugleich einige Winke zur vortheilhafteren Benutzung derselben finden:

Wie innig die Verbindung der Bestandtheile der Gläser in derselben sei, lehren uns vielfache Erfahrungen; auch die Frischschlacke verhält sich als glasige Verbindung ganz anders, als unverglas'tes Eisenoxydul, z. B. Hammerschlag. Bringt man das letztere mit kohlenstoffhaltigem Eisen, wie das Roheisen zusammen, so erfolgt eine Verbindung des Kohlenstoffs mit dem Sauerstoff des Oxyduls, welche gasförmig entweichen, und das Eisen aus der kohlenstoffhaltigen Verbindung sowohl, als auf dem Oxydul erscheint im reinmetallischen, geschmeidigen Zustande. Bei der Frischschlacke kommt es dagegen nicht blos auf eine einfache Reduction an, sondern es muß auch die glasige Verbindung zuvor aufgehoben werden, welches weit schwerer hält, und durch bloße Berührung mit dem Roheisen gar nicht erfolgt. Man sucht

daher während der ganzen Dauer der Frischarbeit immer nur ein gewisses Verhältniß der Schlacke zum Eisen zu erhalten, und wendet dieselbe mehr an, um den zu raschen Fortgang des Prozesses zu mäßigen (also das Frischen zu verzögern), indem man das Eisen durch sie vor dem Winde schützt, und um das überflüssige Eisenoxydul und die sich bildenden Oxyde der Erdbasen aufzunehmen, als um die Arbeit zu beschleunigen. Oekonomisch ist der Zuschlag der Frischschlacke, weil die hinzugesetzten Schlacken die Bildung neuer Schlacken überflüssig macht, und ihre Entstehung hindert; nützlich kann dieser Zuschlag auch noch aus andern Gründen werden, z. B. wenn das Roheisen, von welchem die Frischschlacke gefallen ist, Erdbasen von andrer Art, und in andern Verhältnissen enthielt, als das zu verarbeitende, wo denn die sich bildenden Oxyde der Erdbasen um so begieriger aufgenommen, mit der zugesetzten Frischschlacke eine leichtflüssigere glasige Verbindung darstellen, und um so besser vom Eisen geschieden werden. Die Rohschlacke, welche die meisten Oxyde von Erdbasen enthält, reißt das Eisenoxydul zu begierig an sich, und hindert daher das Frischen zu sehr, außerdem erschwert sie auch die Ausscheidung der Oxyde der Erdbasen, und ist daher nur in sehr wenigen Fällen, wo man ein zu leicht frischendes Eisen zu verarbeiten hat und die Arbeit so viel als thunlich zu verzögern bemüht ist, ein angemessener Zuschlag; die Gaarschlacke, welche die entgegengesetzten Eigenschaften besitzt, ist dagegen in den meisten Fällen nützlich. Der Schwahl steht als entglas'te Frischschlacke, und zwar Gaarschlacke, die aber doch noch die Bestandtheile des letztern enthält, in der Mitte zwischen reinem Eisenoxydul und Gaarschlacke, und verhält sich

auch als Zuschlag auf diese Weise. Er fördert die Arbeit mehr, als die Frischschlacke, aber weniger, als Hammerschlag, giebt aber doch wieder zu Entstehung von neuer Schlacke Veranlassung (geht nicht so trocken als Hammerschlag) und befördert das Ausscheiden der oxydirten Erdbasen. Derselbe ist daher in den meisten Fällen ein sehr nützlicher Zuschlag.

Bei der Roheisenerzeugung zeigen die Schlakken und Abfälle der Frischarbeit ebenfalls ein sehr verschiedenes Verhalten. Der Hammerschlag reducirt leicht, und es bietet seine Verarbeitung, wenn derselbe in zu großer Menge zugesetzt wird, nur die Schwierigkeit dar, welche bei der Verarbeitung sehr reichhaltiger Eisensteine, bei deren Verschmelzung es an Schlacken fehlt, Statt findet, und wovon in der 2ten Abhandlung die Rede gewesen ist. Auf eine ähnliche Weise verhält sich der Schwahl. Die Frischschlacke dagegen ist als eine glasige Verbindung mehr geneigt, in die Schlacke überzugehen, als ihren Eisengehalt herzugeben, und widersteht der Reduction weit kräftiger, als es nach der Natur ihrer Bestandtheile, wenn sie nicht in glasiger Verbindung ständen, der Fall sein würde. Unterliegt sie aber dennoch endlich der reducirenden Wirkung der Kohle, so werden die Erdbasen um so leichter mit in das Roheisen geführt, als auch sie auf einer niedern Oxydationsstufe, und mithin dem metallischen Zustande näher stehen. Daher ihr nachtheiliger Einfluß auf die Beschaffenheit des Eisens, und die Vorsicht, welche man bei ihrer Verarbeitung anwenden muß. Es ist leicht einzusehen, daß der nachtheilige Einfluß bei der Rohschlacke in höherm Grade Statt finden werde, als bei der Gaarschlacke; die erstere ist es aber gerade, welche bei der

Frischarbeit am wenigsten gebraucht wird, und daher der Roheisenerzeugung mehrentheils anheim fällt.

Können wir aber die Frischschlacke nicht in Schwahl, oder wenigstens einen ähnlichen Körper verwandeln? Nach dem Bisherigen muß dies sehr wahrscheinlich sein, und wenn es gelingt, so ist zur bessern Benutzung der Frischschlacke die Bahn gebrochen. Eine anhaltende Cementation der Frischschlacke mit Hammerschlag, bei einem angemessenen Temperaturgrade, würde wahrscheinlich zum Zwecke führen; das Verhältniß beider Substanzen (welches bei der Rohschlacke ein andres sein müßte, als bei der Gaarschlacke), der gehörige Temperaturgrad und die übrigen Bedingungen würden aber nur durch directe Versuche zu bestimmen sein.

6.

Herr Director Prechtl zu Wien hat vor einiger Zeit Vorschläge zu einer verbesserten Frischmethode gethan, welche im Wesentlichen darauf beruhet, daß Roheisen im Flammenofen umgeschmolzen, und dann in einen gewöhnlichen Frischheerd gelassen werden soll, in welchem man, während das Roheisen umgeschmolzen würde, Schlacken eingeschmolzen, oder aus Roheisen gebildet hat. Durch den Conflict dieser beiden, im starken galvanischen Gegensatze stehenden Substanzen soll im Roheisen ein Bestreben zur Oxydation und im Oxydul der Frischschlacke ein Bestreben zur Desoxydation hervorgebracht werden. Das Oxydationsbestreben wirkt zunächst auf die oxydirbaren Bestandtheile, also besonders den Kohlenstoff, und wenn Erdbasen, Schwefel, Phosphor ꝛc. vorhanden sind, auf diese. Das Roheisen zerfällt daher in geschmeidiges Eisen, und die Oxyde jener Substan-

zen, so wie das Eisenoxydul durch Desoxydation ebenfalls in geschmeidiges Eisen verwandelt wird. Ueberhaupt ist es nach Herrn Prechtl nicht sowohl der Sauerstoff der Gebläseluft, als die Frischschlacke, welche den ganzen Frischprozeß einleitet und vollendet. Hat die Schlacke ihre Wirkung auf das Eisen ausgeübt, so wird durch Aufkochen neue Bewegung hervorgebracht, und endlich die ausgenutzte Schlacke (welche zur Rohschlacke geworden ist) abgelassen, wogegen die noch wirksame Schlacke im Feuer bleibt. Ich muß es meinen Lesern überlassen, über das nähere Detail dieses Vorschlages, und den Apparat zu der vorgeschlagenen Frischmethode, den Originalaufsatz des Herrn Prechtl in Schweiggers neuem Journal für Chemie und Physik, X. 96 u. f., oder eine daraus entlehnte Notiz in Karstens Archiv für Bergbau und Hüttenwesen, Band I. Heft 2. nachzusehen, an welchem letztern Orte man auch das Urtheil des Herrn Herausgebers über den Prechtl'schen Vorschlag finden wird. Herr Karsten ist der Meinung, daß die Frischschlacke nicht kräftig genug für die Zersetzung des Graphits wirken würde, sondern daß dazu die Einwirkung des freien Sauerstoffs erforderlich sein. Vielleicht dürfte es zur Vereinigung dieser einander widersprechenden Meinungen beider Hüttenkundigen beitragen, wenn wir den Unterschied solcher Frischschlacken, wie sie bei der deutschen Frischmethode fallen, welche das Eisenoxydul in einer glasigen Verbindung enthalten, und den Schlacken andrer Frischprozesse, welche sich mehr dem Schwahl der deutschen Frischmethoden anschließen, und wo nicht freies Eisenoxydul, doch dasselbe schwächer gebunden enthalten, berücksichtigen. Die ersteren wirken allerdings wenig zur Entkohlung des Roheisens, wogegen die letzteren

sehr kräftige Beförderungsmittel derselben sind. Daß übrigens bei der deutschen Frischmethode der Sauerstoff der Gebläseluft die Verfrischung vorzüglich bewirke, und erforderlichen Falls allein bewirken könne, wird niemand leugnen, der dieselbe kennt, und besonders die Wirkung des Aufbrechens, wenn dabei das Eisen nicht mit frischenden Zuschlägen, sondern allein mit der Gebläseluft in Bewegung gebracht wird, unbefangen beobachtet. Eben so wenig ist es aber zu leugnen, daß bei andern Frischmethoden frischende Zuschläge das Meiste thun müssen, und daß sie auch bei der deutschen Frischmethode, wenn auch nicht nothwendig, doch, besonders in manchen Fällen, wesentlich nützlich sind.

Unter gewissen Modificationen, welche sich aus dem Vorhergehenden leicht herleiten lassen, dürfte der Prechtl'sche Vorschlag also allerdings sehr der Beachtung werth sein, und wären Versuche über denselben, unter geschickter Leitung, die von Staaten, welche viele Eisenhüttenwerke besitzen, oder von Vereinen bemittelter Eisenhüttenbesitzer, nach einem zweckmäßigen Plane und mit mannigfaltigen Abänderungen angestellt werden müssen, ein sehr dankbares Unternehmen, da unsere bisherigen Frischprozesse gewiß sehr unvollkommen sind.

Halle,
gedruckt in der Gebauerschen Buchdruckerei.

Druckfehler.

S. 8 Z. 14 von unten, streiche man nach dies, sehr weg.
— 9 — 1 von oben lese man: es statt und.
— 11 — 7 — — — — einen st. einem.
— 12 — 12 — unten — — meine st. mein.
— 16 — 4 von oben lese man nun st. nur.
— 26 — 6 — — — — Metalloxyden st. Metalloxyde, und welche st. welchen.
— 27 — 14 von oben lese man glasige st. glasiger.
— 29 — 13 — unten — — Schlackenmasse st. Schlackenmassen.
— 30 — 15 von unten gewisse st. gewissen,
— — — 14 — — liegende st. liegenden.
— — — 2 — — zusammengetretene st. zusammengetretenen.
— 35 — 2 von unten lese man änderte st. ändert.
— 37 — 10 — — — — verhält st. erhält.
— 41 — 8 — — — — das Stabeisen st. des Roheisens.
— 43 — 2 von oben lese man manganhaltigem st. manganhaltigen.
— 46 — 2 von oben lese man Gerinnung st. Gewinnung.
— 51 — 14 — unten — — Anwendungen st. Anwendung.
— 55 — 3 von oben lese man es st. und.
— — — 6 — — — — müssen st. müßte.
— — — 11 — unten — — setzen st. sehen.
— 57 — 8 — oben — — verfrischt st. erfrischt.
— — — 8 — unten — — vor st. von.
— 58 — 2 — — — — verengert st. vereinigt.
— 63 — 9 — — — — einen st. eine.

S. 65 Z. 10 von unten lese man Stahl bereiten statt Stahlbereitung.
— 70 — 8 u. 9 von unten lese man dreckigen st. dreieckigen.
— 75 — 13 — — — — denselben st. derselben.
— — — 6 — — — — aus st. auf.
— 80 — 7 — oben — — Berührung st. Bewegung.
— — — 3 — unten — — müßten st. müssen.

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Müller, Anton

Ueber einige wichtige Gegenstände der Eisenhüttenkunde

Halle 1822

Metall. 88 t
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10293230-2